# Sulle TRACCE del passato

Piste e impronte fossili di vertebrati
in Carnia e nelle aree contermini

## Auf den SPUREN der Vergangenheit

Fossilien-Spuren und -Abdrücke
von Wirbeltieren in Karnien
und den benachbarten Gebieten

Fabio Marco Dalla Vecchia

# SULLE TRACCE DEL PASSATO

## PISTE E IMPRONTE FOSSILI DI VERTEBRATI IN CARNIA E NELLE AREE CONTERMINI

# *AUF DEN SPUREN DER VERGANGENHEIT*

## *FOSSILIENSPUREN UND -ABDRÜCKE VON WIRBELTIEREN IN KARNIEN UND DEN BENACHBARTEN GEBIETEN*

Nell'ambito delle iniziative del progetto **AD Museum**, la Comunità Montana della Carnia, in collaborazione con gli altri partner, ha sviluppato una iniziativa dedicata a Piste e Impronte fossili di Vertebrati nei depositi Paleozoici e Mesozoici della Carnia e delle aree contermini.

Il volume è stato realizzato con il supporto scientifico del Museo Friulano di Storia Naturale di Udine

Im Rahmen der Initiativen von „AD Museum" hat die Berggemeinschaft Karnien in Zusammenarbeit mit anderen Partnern eine Initiative realisiert, die speziell den fossilen Spuren und Fährten von Wirbeltieren in den paläozoischen und mesozoischen Ablagerungen in Karnien und den angrenzenden Gebieten gewidmet ist.

Der Band entstand mit der wissenschaftlichen Unterstützung des Museo Friulano di Storia Naturale in Udine.


**Fotografie / Bildnachweis**
Antonio Armellini: 52 sotto
Marco Avanzini: 20, 41, 47, 122
Mauro Caldana: 15, 64, 71, 73, 75, 77, 82, 83 sopra, 84 sinistra, 86, 86, 89, 90, 93 sn, 94, 95
Fabio Marco Dalla Vecchia: 1. 5, 6, 7, 13, 14 sn, 16, 22, 28, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 39C, 42, 43, 44, 46, 49 sotto, 52 sopra, 53, 55, 56, 57, 58, 60, 64 basso dx, 68, 69, 70, 78B, 79, 80, 81, 83 sotto, 84 dx, 85, 87, 88, 91, 92, 93 dx, 102, 103, 105C, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121
Marco Marzola: 78A
Paolo Mietto: 62, 98, 99, 100, 101
Giuseppe Muscio: 11
Ivo Pecile: 2
Maurizio Tentor: 111
Sandro Venturini: 104, 105A



Le foto dei reperti fossili di proprietà dello Stato sono pubblicate su concessione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia, ed è vietata l'ulteriore riproduzione e duplicazione con ogni mezzo senza l'autorizzazione della Soprintendenza.



**Copertina / Redaktion**
grafica: CDM associati, Udine
disegno: Eleanor Kish

**Redazione / Redaktion**
Giuseppe Muscio
Daniela De Prato

**Traduzioni / Übersetzung**
Just in Time srl

**ISBN**
9788896546048

**Un particolare ringraziamento a / Ein besonderer Dank geht an**
Marco Avanzini, Kathleen Bauer, Matteo Belvedere, Mario Cuder, Carlo Gervasi, Evelyn Kustatscher, Paolo Mietto, Gerlinde Ortner, Benedetto Sala, Hans Peter Schönlaub, Luca Simonetto


Comunità Montana della Carnia

Comunità Montana della Carnia

Provincia belluno dolomiti

Comune di Glorenza

Fabio M. Dalla Vecchia

# SULLE TRACCE DEL PASSATO

## PISTE E IMPRONTE FOSSILI DI VERTEBRATI IN CARNIA E NELLE AREE CONTERMINI

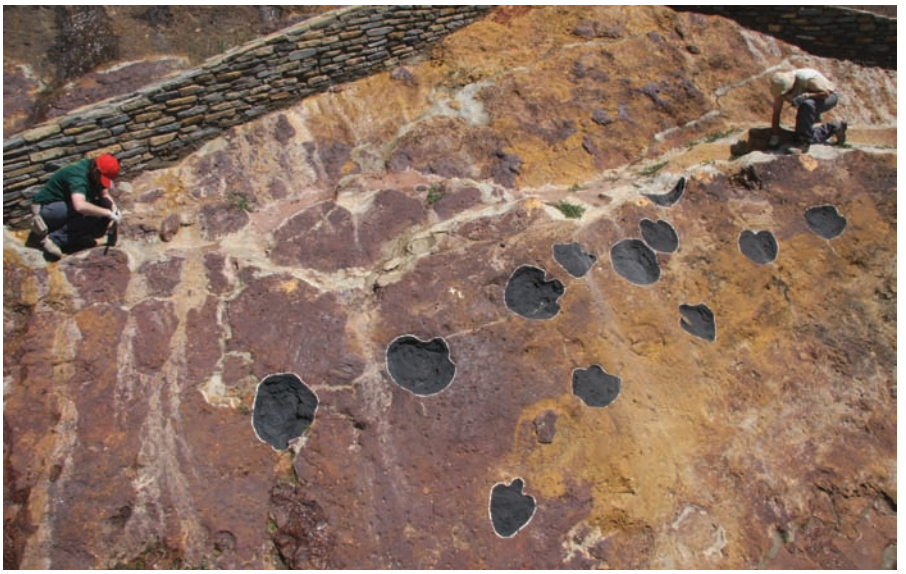
# *AUF DEN SPUREN DER VERGANGENHEIT*

## *FOSSILIENSPUREN UND -ABDRÜCKE VON WIRBELTIEREN IN KARNIEN UND DEN BENACHBARTEN GEBIETEN*

Comunità Montana della Carnia - 2013

# INTRODUZIONE

Fino a 27 anni fa un libro come questo non avrebbe avuto senso. La prima orma fossile di vertebrato rinvenuta in Friuli è stata resa nota alla scienza nel 1986. Era opinione comune che il ritrovamento delle tracce fossili di animali terrestri fosse piuttosto improbabile nella nostra Regione, come del resto in tutt'Italia. Il motivo addotto per giustificare la loro rarità era che, secondo i geologi, il nostro territorio durante l'era Paleozoica e Mesozoica era rimasto quasi continuamente sommerso dal mare. Questa visione di un'Italia costantemente ricoperta da caldi mari tropicali durante la sua storia geologica ci veniva insegnata all'università ed era riportata in tutti i testi che trattavano l'argomento. Tuttavia, la realtà e l'occhio attento di alcune persone in gamba hanno smentito l'inveterata credenza. La ricerca sul campo, la tenacia e la passione di pochi interessati hanno incrinato alla base le teorie accademiche. La ricerca paleontologica è andata avanti, a dispetto di tutti gli impedimenti.
La legge italiana - a differenza di quella di altri paesi europei, per esempio, Inghilterra e Germania - non permette la libera ricerca e la detenzione dei fossili in quanto li considera tutti beni culturali indisponibili (Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42). Il materiale paleontologico è proprietà dello Stato e la ricerca (intesa nel senso di andare a cercare i reperti) deve essere autorizzata dal Ministro dei Beni Culturali e Ambientali tramite le Soprintendenze. Poichè alle dipendenze delle Soprintendenze non vi sono paleontologi e la burocrazia connessa alle richieste ministeriali non tiene conto delle necessità della ricerca scientifica (intesa come attività finalizzata allo studio dei reperti), la legge di tutela ottiene come risultato un effetto opposto a quello probabilmente voluto dal legislatore (sempre ammesso che il legislatore abbia realmente pensato anche alla paleontologia al momento della stesura del testo, cosa di cui dubito altamente). Si aggiunga, inoltre, che i paleontologi professionisti - in Musei e Università - che, in teoria, potrebbero inoltrare al Ministero la richiesta di scavo o di ricerca dei fossili in superficie ed effettuare l'attività ufficialmente e legalmente, sono molto pochi. Tale situazione, unica nel panorama europeo, non ha portato certo allo sviluppo della paleontologia italiana, anzi. È ovvio, però, che non si può proibire al cittadino la scoperta occasionale. Infatti l'articolo 90 prevede proprio questa possi-



**1 >** Orme fossili di dinosauro adrosauro nelle arenarie del Cretaceo terminale nei Pirenei spagnoli.

bilità: nel comma 1 si legge che "*chi scopre fortuitamente cose immobili o mobili indicate nell'articolo 10* [nel nostro caso, comma 4.a "*le cose che interessano la paleontologia, la preistoria e le primitive civiltà*"] *ne fa denuncia entro 24 ore al Soprintendente, al Sindaco ovvero all'autorità di pubblica sicurezza e provvede alla conservazione temporanea di esse, lasciandole nelle condizioni e nel luogo in cui sono state rinvenute*". Quindi la scoperta delle orme fossili non è illegale, se ci si attiene alla legge; in Italia una persona diventa un fuorilegge solo se si dimentica di comunicare l'avvenuto rinvenimento casuale entro le 24 ore. Invece della proprietà del reperto (sempre illegale) ci si deve accontentare della soddisfazione e della notorietà derivate dalla scoperta effettuata.

D'altra parte, spesso non è possibile asportare con facilità i reperti, che non sono mai particolarmente belli da esporre, ma sicuramente importanti dal punto di vista scientifico. La ricerca delle orme fossili può, dunque, essere un'attività eccitante e gratificante per le perso-

**EINFÜHRUNG**

Bis vor 27 Jahren hätte ein Buch wie dieses keinen Sinn gehabt. Die erste im Friaul gefundene Fossilienspur eines Wirbeltiers wurde der Wissenschaft im Jahr 1986 mitgeteilt. Man war allgemein davon überzeugt, dass das Auffinden von Fossilienspuren von Landtieren in unserer Region, wie auch in ganz Italien, unwahrscheinlich wäre. Der Grund hierfür war, dass unser Gebiet laut den Geologen während des Paläozoikums und des Mesozoikums fast ständig vom Meer überflutet war. Diese Sicht von einem Italien, das beinahe während seiner gesamten geologischen Geschichte von heißen tropischen Meeren bedeckt war, wurde uns an der Universität gelehrt und wurde in den entsprechenden Lehrbüchern wiedergegeben. Allerdings haben die Realität und das aufmerksame Auge einiger intelligenter Menschen diesen tief verwurzelten Glauben widerrufen. Die Feldforschung, Zielstrebigkeit und Leidenschaft von wenigen Interessierten haben die akademischen Theorien an der Basis geknickt. Die paläontologische Forschung ging trotz aller Hindernisse weiter.

Das italienische Gesetz erlaubt, im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern, wie England und Deutschland, kein Sammeln und keinen Besitz von Fossilien, weil sie als unersetzliche Kulturgüter betrachtet werden (Ges.dekr. 22. Januar 2004, Nr. 42). Die paläontologischen Funde sind Besitzt des Staats und die Forschung (im Sinne der Suche nach Fundstücken) muss vom Ministerium der

ne amanti della vita all'aria aperta e delle scoperte, anche nei paesi dove questo è reso complicato dalla legge.

Si considerano "**fossili**" tutte le testimonianze della vita nel passato geologico. I resti fossili più comuni sono rappresentati dalle parti dure degli organismi (conchiglie, teche, talli, ossa, denti, ecc.), che hanno una maggiore probabilità di conservarsi. Ve ne sono altri, di più difficile fossilizzazione, come le uova e l'impronta della pelle. Un altro tipo di fossili presenta una grande diffusione e importanza: le tracce del movimento degli animali all'interno o sulla superficie del sedimento. Per quanto riguarda i vertebrati tetrapodi (quelli muniti di arti invece che pinne), si conservano le impronte lasciate dalle zampe e, più raramente, da altre parti del corpo durante la locomozione e le soste (Fig. **1**). Esse non appartengono all'organismo come tale, ma sono la testimonianza della sua presenza e attività in un dato posto e in un dato momento. Lo studio delle tracce fossili è un ramo della Paleontologia denominato **Paleoicnologia**, dal termine greco *ichnos* (traccia).

La storia della paleoicnologia dei vertebrati coincide, in gran parte, con la scoperta e lo studio delle orme dei dinosauri. La maggior parte dei lavori di paleoicnologia riguarda questi tetrapodi che ebbero una straordinaria diffusione globale per gran parte dell'Era Mesozoica. Le prime orme di dinosauro furono scoperte nel 1802 vicino a South Hadley, nella Valle del Connecticut (USA) da Pliny Moodie, un giovane contadino che, arando, scoprì impronte simili a quelle dei "tacchini" conservate in una lastra di arenaria rossa del Giurassico inferiore. Ai primi dell'Ottocento la scienza proponeva ancora interpretazioni in accordo con le sacre scritture: le impronte

Kultur- und Umweltgüter durch das Landesdenkmalamt autorisiert werden. Da beim Landesdenkmalamt keine Paläontologen beschäftigt sind und die Bürokratie im Zusammenhang mit den Ministerialanfragen die Notwendigkeiten der wissenschaftlichen Forschung (Studium und Bearbeitung von Fundstücken) nicht berücksichtigt, erreicht das schützende Gesetz nicht die Wirkung, die vom Gesetzgeber beabsichtigt wird (wenn man davon ausgeht, dass der Gesetzgeber im Augenblick der Niederschrift des Textes auch an die Paläontologie gedacht hat. Hinzuzufügen bleibt, dass es außerdem in Museen und Universitäten nur sehr wenige Berufspaläontologen gibt, die theoretisch im Ministerium um Sammelgenehmigungen oder Grabungsgenehmigungen ansuchen könnten um diese Tätigkeiten legal durchzuführen. Diese Situation, die im europäischen Umfeld einzigartig ist, hat sicher nicht zur Entwicklung der Paläontologie beigetragen. Im Gegenteil. Aber offensichtlich kann man dem Bürger nicht die zufällige Entdeckung verbieten. Demnach ist die Entdeckung von fossilen Spuren nicht illegal, wenn man den zufälligen Fund innerhalb von 24 Stunden den zuständigen Behörden (Bürgermeister, Landesdenkmalamt, Polizeikräfte) mitteilt. Statt des Eigentums des Fundstücks (das weiterhin illegal bleibt) muss man sich mit der Genugtuung und Bekanntheit zufrieden geben, die von der gemachten Entdeckung herrührt.

Die Erforschung von Fossilienspuren kann folglich eine aufregende und lohnenswerte Tätigkeit für all diejenigen sein, die ein Leben an der frischen Luft voller Entdeckungen auch in Ländern lieben, wo dies vom Gesetz schwierig gemacht wird.

Als „**Fossilien**" werden alle Zeugnisse des Lebens in der geologischen Vergangenheit betrachtet. Die gängigsten Fossilienreste sind die Hartteile der Organismen (Muscheln, Schalen, Knochen, Zähne, usw.), die mit größerer Wahrscheinlichkeit erhalten bleiben. Allerdings gibt es auch andere Überreste, die schwieriger zu Fossilien werden, wie Eier und Hautabdrücke. Ein weiterer Fossilientyp ist weit verbreitet und besonders wichtig: Die Lebensspuren der Tier im oder auf dem Sediment. Die Tetrapoden hinterlassen während ihrer Bewegungs- und Ruhephasen Abdrücke mit ihren Gliedmaßen und in selteneren Fällen, mit anderen Körperteilen (Abb. **1**). Diese gehören nicht zum eigentlichen Organismus. Sie legen allerdings Zeugnis für die Anwesenheit und Tätigkeit der Tiere an einem bestimmten Ort und zu einer

scoperte da Moodie furono considerate tracce lasciate dal corvo di Noè, dopo il diluvio universale. I tempi non erano ancora maturi per poter parlare di dinosauri.
Edward Hitchcock, nel 1836, pubblicò la prima descrizione delle impronte della Valle del Connecticut; le chiamò *Ornithichnites* che significa "impronte di uccello pietrificate". A quel tempo, l'effettiva presenza degli uccelli nel Giurassico non era stata ancora documentata dal ritrovamento di resti scheletrici fossili; le orme rinvenute nel Connecticut erano state attribuite al gruppo di animali viventi che ha le zampe morfologicamente più corrispondenti. L'errore di Hitchcock non era tale, ma lui non lo sapeva: infatti, oggi riteniamo che gli uccelli siano - dal punto di vista filogenetico - un gruppo particolare di dinosauri.
Soltanto alla fine del XIX secolo, in seguito alle continue scoperte di impronte e ossa, si arrivò alla conclusione che le orme del Connecticut erano state prodotte da dinosauri carnivori bipedi. Il lavoro di Hitchcock fu ripreso molto tempo dopo da Swann Lull, il quale attribuì la gran parte delle impronte ai vari gruppi di dinosauri noti. Centinaia di altre tracce sono state trovate in seguito in moltissime altre parti del mondo. Scoperte e descrizioni si susseguirono a ritmo accelerato.
Nel 1841, il grande anatomista inglese Sir Richard Owen propose il termine Dinosauria, dal greco "*deinos*" "terribilmente grande" e "*sauros*" "lucertola" per il gruppo di animali estinti che includeva *Megalosaurus*, *Iguanodon* e *Hylaeosaurus*. La scoperta delle prime impronte fossili in Gran Bretagna risale al 1846; si tratta di orme di *Iguanodon* identificate come tali solo nel 1862. Nel 1880 furono segnalate le prime impronte di dinosauri in Africa, nel 1882 in Russia e nel 1899 nella Formazione Morrison degli Stati Uniti occidentali. Nel XX secolo il numero di nuovi siti è aumentato in modo esponenziale e le aree di ricerca si sono estese in tutto il mondo. A par-

bestimmten Zeit ab. Das Studium der Fossilienspuren ist ein Zweig der Paläontologie, der mit **Palichnologie** bezeichnet wird und vom griechischen Begriff *ichnos* (Spur) stammt.
Die Geschichte der Palichnologie der Wirbeltiere fällt zum Großteil mit der Entdeckung und Erforschung von Dinosaurierspuren zusammen. Der Großteil der wissenschaftlichen Arbeiten betrafen diese Gruppe von Tetrapoden, die während dem Mesozoikum weltweit außerordentlich weit verbreitet waren. Die ersten Dinosaurierspuren wurden im Jahr 1802 in der Nähe von South Hadley, im Tal von Connecticut (USA) von Pliny Moodie, einem jungen Bauern entdeckt, der beim Ackern Abdrücke auf einer roten Sandsteinplatte des Unteren Jura fand, die denen der „Truthähne" ähnelte. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts waren die wissenschaftlichen Interpretationen noch weitgehend in Einklang mit der Heiligen Schrift. Die Abdrücke, die Moodie entdeckte, wurden als Spuren gedeutet, die der Rabe von Noah nach der Sintflut hinterlassen hatte. Die Zeit war noch nicht reif, um von Dinosauriern zu sprechen. Edward Hitchcock veröffentlichte im Jahr 1836 die erste Beschreibung der Abdrücke aus Connecticut; er nannte sie *Ornithichnites*, „Abdrücke von versteinerten Vögeln". Zu jener Zeit war die tatsächliche Präsenz von Vögeln in der Jurazeit noch nicht durch das Auffinden von fossilen Skelettresten dokumentiert. Die in Connecticut gefundenen Spuren waren der lebenden Tiergruppe zugesprochen worden, deren Krallen morphologisch am ähnlichsten erschienen. Der Fehler von Hitchcock bestand nicht darin, aber er wusste es nicht: Denn heute gehen wir davon aus, dass die Vögel aus phylogenetischer Sicht zur Gruppe der Dinosaurier gehören. Erst am Ende des 19. Jahrhunderts kam man, nach verschiedenen Funden von Fußabdrücken und Knochen zu dem Schluss, dass die Spuren aus Connecticut von fleischfressenden, zweibeinigen Dinosauriern stammten. 1841 schlug der große englische Anatom Sir Richard Owen den Begriff „Dinosauria" aus dem Griechischen „*deinos*" (schrecklich groß) und „*sauros*" (Echse) für eine ausgestorbene Tiergruppe vor, die *Megalosaurus*, *Iguanodon* und

tire dal 1925 in poi, il paleontologo nordamericano Charles M. Sternberg studiò le orme di dinosauri della Columbia Britannica (Canadà); nello stesso anno A. Bachofen-Echt aveva rinvenuto nell'Isola di Brioni Maggiore in Istria (allora parte del Regno d'Italia, ora Croazia) numerose impronte tridattili che attribuì a dinosauri iguanodonti.
Negli anni Trenta e Quaranta del XX secolo Roland T. Bird fu il primo ad identificare le piste di sauropodi in Texas e ad utilizzarle per contestare l'opinione generale che fossero animali acquatici o semiacquatici, in grado di reggere con difficoltà il loro stesso peso sul terreno. A Devenport Ranch scoprì 23 piste di questi dinosauri, tutte con lo stesso orientamento. Durante questi decenni, orme di dinosauri furono scoperte anche nella Cina settentrionale. La ricerca è diventata metodica, specializzata e interdisciplinare, però, solo negli ultimi 30 anni, coinvolgendo un numero sempre crescente di scienziati e amatori. Le scoperte sono aumentate, quindi, in modo vertiginoso. Lo studio delle impronte fossili di vertebrati è attualmente in espansione svolgendo un importante complemento alla documentazione offerta dalle ossa.
Tra i "padri fondatori" della moderna paleoicnologia, ricordo Padre Giuseppe Leonardi, paleontologo italiano che ha effettuato importanti studi soprattutto nell'America meridionale, ma anche in Italia. Leonardi e altri ricercatori (tra i quali Hartmut Haubold, William Searjant, Martin G. Lockley e Jim Farlow), lavorando sia insieme sia individualmente, hanno fornito un fondamentale contributo alla paleoicnologia dei vertebrati, disciplina che prima dei loro studi non godeva di grande credibilità nel mondo scientifico. A questi si è aggiunta in seguito una nuova generazione di paleoicnologi, alla quale appartiene lo scrivente; oggi è all'opera una terza generazione e si sta già affacciando la quarta. Le scoperte non potranno che aumentare.

*Hylaeosaurus* einschloss. Die Entdeckung der ersten fossilen Fußabdrücke in Großbritannien geht auf das Jahr 1846 zurück. Hierbei handelte es sich um Spuren von *Iguanodon*, die erst im Jahr 1862 als solche identifiziert wurden. 1880 wurden die ersten Dinosaurierabdrücke in Afrika, 1882 in Russland und 1899 in der Morrison-Formation der westlichen Vereinigten Staaten gefunden. Im 20. Jahrhundert stieg die Anzahl von neuen Fundstätten exponentiell an und auf der gesamten Welt wurde nach Dinosariern gesucht. In den Dreißiger und Vierziger Jahren des 20. Jahrhunderts entdeckte T. Bird als Erster die Spuren von Sauropoden in Texas. Er verwendete diese Funde um die allgemeine Meinung anzufechten, sie wären aquatische oder semiaquatische Tiere, die nur schwerlich dazu in der Lage waren, ihr Gewicht auf dem Land zu tragen. In Devenport Ranch entdeckte er 23 Spuren dieser Dinosaurier, die alle in dieselbe Richtung liefen. Während dieser Jahrzehnte wurden auch Dinosaurierspuren im nördlichen China entdeckt. Die Forschung wurde in den letzten 30 Jahren methodisch, interdisziplinär und spezialisierte sich. Immer mehr Berufs- und Hobbypaläontologen interessierten sich für diese Tiergruppe, was zum exponentiellen Anstieg der neuen Entdeckungen führte. Das Studium von Fossilienabdrücken von Wirbeltieren weitet sich derzeit aus, weil es eine wichtige Ergänzung zur von den Knochen gebotenen Dokumentation ist.
Zu den „Begründern" der modernen Palichnologie gehörte Padre Giuseppe Leonardi, ein italienischer Paläontologe, der vor allem in Südamerika, aber auch in Italien wichtige Studien durchgeführt hat. Leonardi und andere Forscher (zu denen Hartmut Haubold, William Searjant, Martin G. Lockley und Jim Farlow gehörten) haben sowohl bei ihrer Zusammenarbeit als auch jeweils alleine einen grundsätzlichen Beitrag zur Palichnologie der Wirbeltiere geleistet, einer Disziplin, die vor ihren Studien in der wissenschaftlichen Welt keine hohe Glaubwürdigkeit genoss. Zu ihnen gesellte sich eine neue Generation von Palichnologen, zu denen auch ich gehöre: Heute ist die dritte Generation am Werk und die vierte zeichnet sich bereits am Horizont ab. So können die Entdeckungen nur zunehmen.

# IL TEMPO GEOLOGICO, LE ROCCE E LE MONTAGNE

In un libro dedicato alle orme fossili non può mancare una parte che orienti il lettore nel tempo e nel "mezzo" in cui le orme sono conservate, vale a dire, le rocce.

## Tempo geologico e principali eventi evolutivi dei tetrapodi

Non si può capire la storia della vita sulla Terra e, quindi anche l'evoluzione dei vertebrati, senza avere un'idea della dimensione del **tempo geologico**, vale a dire il tempo intercorso dalla formazione del Pianeta sino ad oggi. L'origine della Terra risale probabilmente a 4,6 miliardi di anni fa (questa datazione si basa sull'età dei meteoriti e della Luna) e le rocce più antiche finora scoperte sulla Terra sono vecchie di circa quattro miliardi di anni. Questo intervallo temporale è suddiviso, per motivi pratici, in intervalli minori con ordine gerarchico diverso. La ripartizione del tempo in numerose suddivisioni (eoni, ere, periodi, ecc.) dal significato ben preciso (confondere un Periodo con un'Era equivale a confondere una casa con un paese, una città con uno stato, un mese con un anno), in complessa relazione reciproca e dai nomi ostici, potrebbe risultare difficile ai lettori non avezzi alla terminologia scientifica. Quindi, cercherò di evitare per quanto possibile l'uso dei nomi tecnici delle suddivisioni del tempo, favorendo una più scorrevole datazione basata sul tempo "assoluto", cioè i milioni di anni. Per fornire un'idea generale, però, è necessario specificare che esistono tre eoni, chiamati rispettivamente dal più antico al più recente, Archeano, Proterozoico e Fanerozoico. L'Eone Fanerozoico (che significa "dalla vita evidente") è suddiviso in Era Paleozoica (da 541 a 252,6 milioni di anni fa), Era Mesozoica (da 252,6 a 66 milioni di anni fa) ed Era Cenozoica (gli ultimi 66 milioni di anni della storia del Pianeta) (Fig. **3**). Le Ere sono suddivise in Periodi, intervalli di tempo con una durata variabile tra i 21 e gli 80 milioni di anni. Un'eccezione è il Periodo Quaternario, che, iniziato circa 2,6 milioni di anni fa, è tuttora in corso. Un'ulteriore suddivisione sono le Età (per esempio, Anisico, Carnico, Norico, Barremiano ecc. che troveremo menzionati nel testo).

Una cosa che concettualmente può essere difficile da capire è che, per un geologo, ogni intervallo di tempo è rappresentato da un corrispondente "pacco"

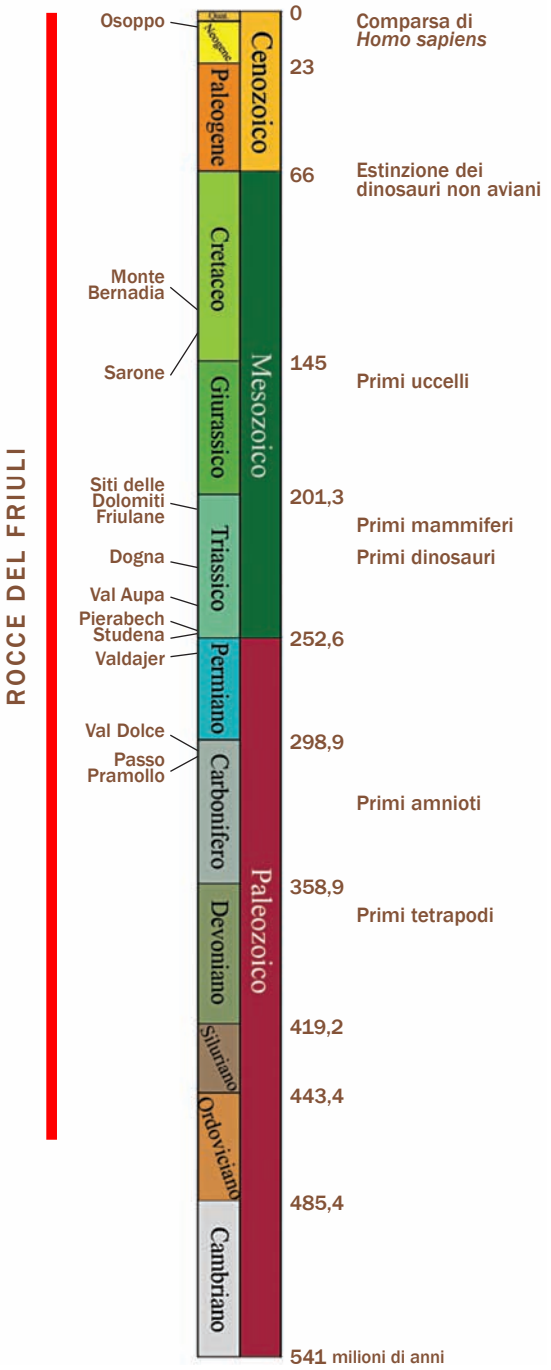
**2 >** Dolomie stratificate (Dolomia Principale, Norico-Retico) nella Alta Val di Suola (Prealpi Carniche).

## DIE GEOLOGISCHE ZEIT, DIE GESTEINE UND BERGE

In diesem Buch, das sich fossilen Fährten widmet, darf ein Teil nicht fehlen, der dem Leser einen Einblick in die Zeit und in dem Gestein, in dem die Spuren konserviert sind.

### Geologische Zeit und Hauptentwicklungsstufen der Tetrapoden

Man kann die Geschichte des Lebens auf der Erde und folglich auch der Evolution der Wirbeltiere nicht verstehen, ohne eine Idee über die Ausmaße der **geologischen Zeit** zu haben, d. h. der Zeit, die seit der Entstehung des Planeten bis heute vergangen ist. Der Ursprung der Erde geht wahrscheinlich auf vor 4,6 Milliarden Jahre zurück und die ältesten bisher auf der Erde entdeckten Gesteine sind circa vier Milliarden Jahre alt. Dieses Zeitintervall ist aus praktischen Gründen in kleinere Zeitabschnitte mit unterschiedlicher hierarchischer Ordnung unterteilt. Die Aufteilung der Zeit in zahlreiche Untergruppen (Äonen, Zeitalter, Perioden, usw.) mit sehr präziser Bedeutung (die Verwechslung einer Periode mit einem Zeitalter ähnelt der Verwechslung eines Hauses mit einem Dorf, einer Stadt mit einem Staat, eines Jahrs mit einem Monat), die gegenseitig komplex miteinander verbunden sind und schwierige Namen haben, könnte für Leser, die nicht an die wissenschaftliche Terminologie gewöhnt sind, schwierig sein. Deshalb werde ich versuchen, die Verwendung von technischen Namen bei der Unterteilung der Zeit soweit wie möglich zu vermeiden und eine flüssigere Datierung zu begünstigen, die auf der „absoluten“ Zeit, d. h. den Millionen von Jahren basiert. Um eine allgemeine Vorstellung zu liefern, muss ich allerdings spezifizieren, dass es drei Äonen gibt, die vom ältesten bis zum jüngsten Archaikum, Proterozoikum bzw. Phanerozoikum genannt werden. Das Phanerozoikum (das „vom offenkundigen Leben“ bedeutet) ist in das Zeitalter des Paläozoikum (von vor 541 bis 252 Millionen Jahren), das Zeitalter des Mesozoikum (von vor 252 bis 66 Millionen Jahren) und das Zeitalter des Känozoikum (die letzten 66 Millionen Jahre der Geschichte des Planeten) unterteilt (Abb. **3**). Die Zeitalter sind ihrerseits in Perioden unterteilt. Die Periode des Quartärs, die vor circa 2,6 Millionen Jahren begann, läuft immer noch. Eine weitere Unterteilung sind die Zeitalter (zum Beispiel Anisium, Karnium, Norium, Barremium, usw.). Es ist schwer zu verstehen, dass für einen Geologen jeder Zeitraum durch ein entsprechendes




**3** > Colonna stratigrafica del Fanerozoico, gli ultimi 541 milioni di anni, con alcuni importanti eventi evolutivi e il posizionamento nel tempo delle località con orme fossili di vertebrati del Friuli Venezia Giulia.

di rocce originatesi in quell'intervallo. Per esempio, con il termine "Triassico" si intende il Periodo che va da 252,6 a 201,3 milioni di anni, ma anche tutte le rocce formatesi in quell'intervallo; quando si dice "il Triassico delle Alpi" si intende tutte le rocce della catena alpina che hanno avuto origine durante il Periodo Triassico, quindi un corpo solido tridimensionale, non un intervallo di tempo.

Dato che tutti i vertebrati che hanno lasciato tracce nell'area in esame sono tetrapodi (dei pesci abbiamo trovato meravigliosi resti scheletrici, ma non ancora icnofossili), si devono contestualizzare le orme fossili della Carnia e regioni limitrofe nell'ambito dell'evoluzione di questi vertebrati muniti di arti (Figg. **3-4**). I primi sono comparsi circa 365 milioni di anni fa: si trattava di tetrapodi primitivi, quelli che a volte sono impropriamente chiamati "anfibi".

I primi **tetrapodi amnioti** (quelli che producono l'uovo amniotico, che può essere deposto fuori dall'acqua) c'erano probabilmente già 320 milioni di anni fa e divennero comuni intorno ai 300 milioni di anni fa, ma condividendo gli spazi vitali con gli "anfibi". Durante il Permiano (l'ultimo Periodo dell'Era Paleozoica) ebbero una grande diffusione e sviluppo gli **amnioti sinapsidi**, con le forme che sono alla base della successiva comparsa ed evoluzione dei mammiferi. Nel Triassico si differenziarono, invece, gli **amnioti diapsidi**, con l'apparizione di numerosi nuovi gruppi, inclusi dinosauri, coccodrilli e pterosauri (rettili volanti). Anche le tartarughe hanno avuto origine nel Triassico. I **dinosauri non aviani** hanno dominato le terre emerse durante gran parte dell'Era Mesozoica (periodi Triassico, Giurassico e Cretaceo): i primi resti si trovano in rocce che hanno all'incirca 228-230 milioni di anni (al limite tra le Età Carnico e Norico) e tutti i dinosauri non aviani si estinsero 66 milioni di anni fa alla fine del Cretaceo. Sopravvisse solo un gruppo di teropodi specializzati nel volo, i **dinosauri aviani**, quelli che comunemente chiamiamo uccelli. In realtà, anche gran parte degli uccelli si estinse 66 milioni di anni fa: nel Cenozoico si rinviene solo il gruppo degli uccelli moderni, i Neorniti.

I **mammiferi** erano comparsi anch'essi alla fine del Triassico, circa 210 milioni di anni fa, ma solo dopo l'estinzione della quasi totalità dei dinosauri si differenziarono e diffusero, occupando tutte delle nicchie ecologiche in precedenza dominate dai "rettili". Molte tra le famiglie di mammiferi ed uccelli attuali sono comparse negli ultimi 20 milioni di anni della storia del nostro Pianeta.

## Le rocce

Tutto quello che ci rimane dei milioni di anni passati sono i sedimenti depositati in quell'intervallo di tempo e trasformati in rocce con ciò che in essi è stato inglobato, incluse le testimonianze degli antichi organismi, vale a dire i fossili. Ogni corpo roccioso ha, quindi, una sua precisa età e si è formato in un determinato intervallo di tempo.

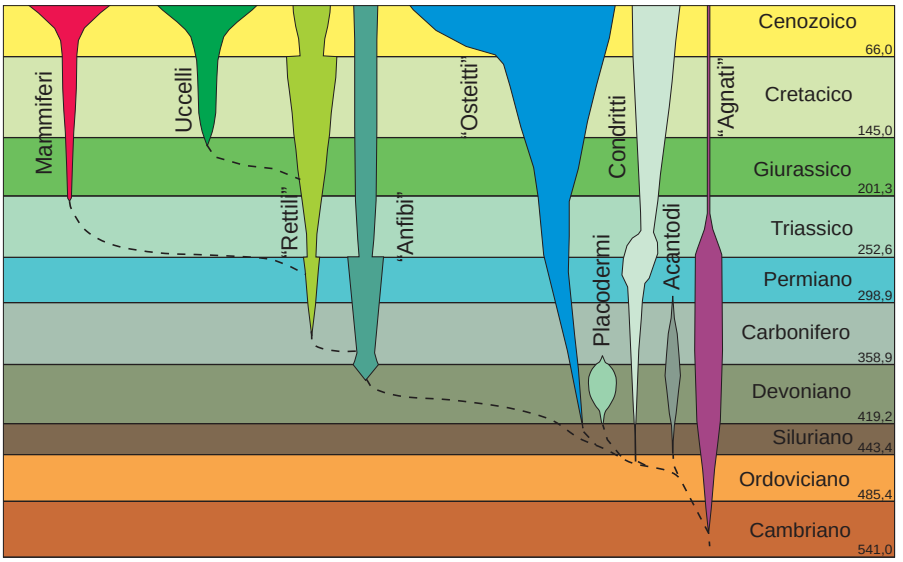
Esistono moltissimi tipi di rocce, suddivisi secondo la loro genesi, le dimensione delle particelle che le costituiscono (granuli e cristalli) e la composizione chimica, ma le categorie principali di rocce sono solo tre: magmatiche, sedimentarie e metamorfiche.

Tutte le rocce di origine **magmatica** sono derivate dal raffreddamento più o meno rapido di rocce fuse provenienti dall'interno della Terra ed hanno una composizione silicea. Le lave, i basalti e i graniti sono rocce magmatiche. A differenza di lave e basalti, i graniti

„Gesteins-Paket“ vertreten ist, das in jenem Zeitraum entstanden ist. Zum Beispiel versteht man unter dem Begriff „Trias“ die Periode, die von vor 252 bis vor 201 Millionen von Jahren reicht, aber auch alle Gesteine, die sich in diesem Zeitraum gebildet haben. Wenn man vom „Trias der Alpen“ spricht, so versteht man darunter alle Gesteine der Alpenkette, die während der Trias-Periode entstanden sind.Man spricht also von einem dreidimensionalen Festkörper, nicht von einem Zeitraum.
Angesichts der Tatsache, dass alle Wirbeltiere die Spuren im untersuchten Gebiet hinterlassen haben, Tetrapoden sind (von Fischen haben wir herrliche Skelettreste gefunden, aber noch keine Ichnofossilien), muss man die fossilen Spuren Karniens und der umliegenden Regionen im Rahmen der Evolution dieser Wirbeltiere mit Gliedmaßen sehen (Abb. **3-4**). Die ersten Landwirbeltiere erschienen vor circa 365 Millionen Jahren: Es handelte sich um primitive Tetrapoden, die manchmal auch fälschlicherweise mit „Amphibien“ bezeichnet werden.
Die ersten **Amnioten** (Tetrapoden, die das Amnioten-Ei legen, das außerhalb des Wassers abgelegt werden kann) gab es wahrscheinlich schon vor 320 Millionen Jahren und sie eroberten vor 300 Millionen Jahren das Land, teilten aber die Lebensräume mit den „Amphibien“. Während des Perms (der letzten Periode des Paläozoikums) waren sie weit verbreitet und entwickelten die **Synapsiden** (eine Gruppe der Amnioten) mit Formen, die die Basis für die Evolution der Säugetiere darstellen. In der Trias treten dagegen die **Diapsiden** auf. Die Diapsiden beinhalten zahlreichen Gruppen wie auch die Dinosaurier, Krokodile und Pterosaurier (Flugsaurier). Auch die Schildkröten entstanden im Trias. Die **Nichtvogel-Dinosaurier** dominieren das Land während eines Großteils des Mesozoikums (Trias, Jura und Kreidezeit): Die ersten Reste finden sich in Gesteinen, die circa 228-230 Millionen Jahre (an der Grenze zwischen Karnium und Norium) alt sind und alle Nichtvogel-Dinosaurier starben vor 66 Millionen Jahren am Ende der Kreidezeit aus. Es überlebte nur eine Gruppe von Tetropoden, die auf den Flug spezialisiert war, die **Vogel-Dinosaurier**, die wir üblicherweise Vögel nennen. Tatsächlich starb auch ein Großteil der Vögel vor 66 Millionen Jahren aus: Im Känozoikum findet man nur die Gruppe der modernen Vögel, die Neornithes.
Die **Säugetiere** treten ebenfalls am Ende des Trias, vor circa 210 Millionen, erstmals auf. Allerdings differenzierten und verteilten sie sich erst nach dem fast vollständigen Aussterben der Dinosaurier und besetzen dabei alle ökologischen Nischen, die vorher von den Reptilien dominiert waren. Viele der derzeitigen Säugetier- und Vogelfamilien, entstehen erst in den letzten 20 Millionen Jahren der Geschichte unseres Planeten.

## Die Gesteine

Alles, was von den vergangenen Millionen Jahren übrig ist, sind die in diesem Zeitraum abgelagerten




**4** > Diversificazione dei principali gruppi di Vertebrati durante il tempo geologico. (Da Dalla Vecchia, 2008, mod.)

hanno origine da un raffreddamento della roccia fusa piuttosto lento e dalla cristallizzazione in profondità all'interno della crosta terrestre. I tufi derivano dagli accumuli di ceneri e lapilli vulcanici, ma non sono rocce magmatiche perché si sono formati mediante il processo della sedimentazione.

Infatti, le rocce che traggono origine dalla deposizione di particelle più o meno grandi - da submillimetriche a decametriche - derivate dalla disgregazione di rocce preesistenti (rocce clastiche, dal greco "*klastós*" = frammento), oppure dalla precipitazione diretta di minerali dall'acqua (rocce chimiche) sono dette **rocce sedimentarie**. Anche quelle derivate dallo sminuzzamento di gusci e altre parti di organismi costituite di carbonato di calcio sono considerate rocce sedimentarie clastiche e sono denominate "carbonatiche". Per quanto possa sembrare incredibile, le rocce carbonatiche - che costituiscono intere montagne, come per esempio i famosi massicci montuosi Dolomitici - sono state in gran parte originate dall'accumulo di frammenti più o meno piccoli di gusci, teche, talli e scheletri di organismi marini. In rari casi, le rocce carbonatiche possono derivare dalla precipitazione diretta dei carbonati in acque ricche di questi composti (un esempio è il travertino) e quindi rientrano nella categoria delle "rocce chimiche".

I sedimenti possono essere distinti a seconda della grana, vale a dire per le dimensioni (granulometria) delle particelle (granuli) che le costituiscono, in **argille**, **limi**, **sabbie** e **ghiaie**. Nella ghiaia i granuli hanno dimensioni comprese tra i due e i 75 millimetri; nella sabbia tra due millimetri e 1/16 di millimetro; nel limo tra 1/16 e 1/256 di millimetro. Le particelle più piccole di 1/256 di millimetro costituiscono l'argilla. Considerando i "granuli" più "corposi", abbiamo le categorie dei ciottoli, delle pietre (un termine più pedologico che geologico) e dei massi quando il diametro è compreso rispettivamente tra i 7,5 e i 25 centimetri, tra i 25 e i 60 centimetri e superiore ai 60 centimetri.

I sedimenti sono in origine "sciolti", cioè i granuli che li compongono non sono rigidamente vincolati tra loro. Per compattazione - dovuta al carico dei sedimenti soprastanti - e cementazione - causata dalla circolazione di acque ricche di sali minerali - si trasformano in dure rocce. Il cemento che tiene uniti i granuli può avere una composizione molto varia, ma generalmente è costituito da carbonato di calcio ($CaCO_3$) oppure da silice ($SiO_2$).

Esiste una grande varietà di rocce sedimentarie clastiche, distinte a seconda della composizione chimica (silicea o carbonatica), oltre che dalla diversa dimensione delle particelle che le compongono. Le rocce sedimentarie formate da granuli a composizione silicea sono tecnicamente chiamate rocce silicoclastiche (termine che deriva da parole greche e significa, appunto, "composte da frammenti di silice"). Le sabbie formate prevalentemente da granuli a composizione silicea originano la roccia denominata **arenaria** (Fig. **5**), i limi invece danno luogo alla **siltite**. Rocce costituite da ghiaie o da frammenti rocciosi più grandi cementati tra loro si chiamano **conglomerati** quando i frammenti sono arrotondati (ciottoli), **brecce** quando sono a spigoli vivi (Fig. **6**). Le **argille** - formate da minerali argillosi come caolinite, montmorillonite e illite o più in generale dalla frazione del sedimento a granulometria inferiore a 1/256 mm - sono le rocce silicee a grana più fine e sono plastiche, vale a dire sono deformabili. Anche le **marne** (Fig. **5**) sono rocce a grana fine, ma si caratterizza-

**5 >** Alternanze di arenarie (più resistenti all'alterazione e giallastre) e marne nel Flysch del Grivò (Eocene inferiore) delle Prealpi Giulie.

Sedimente, die sich mit dem, was in ihnen eingeschlossen wurde, einschließlich der Zeugnisse von antiken Organismen, d. h. der Fossilien, in Gesteine verwandelt haben. Folglich hat jeder Gesteinskörper ein eigenes Alter und ist in einem bestimmten Zeitraum entstanden.
Es gibt sehr viele Gesteinsarten, die sich nach ihrer Entstehung, den Abmessungen der Teilchen, die sie bilden (Granulate und Kristalle) und der chemischen Zusammensetzung unterteilen. Diese können in drei Hauptgesteinsarten zusammen gefasst werden, die mit magmatisch, sedimentär und metamorphisch bezeichnet werden.
Alle Gesteine **magmatischen** Ursprungs sind durch ein mehr oder weniger schnelles Erkalten von flüssigem Gestein entstanden, das aus dem Erdinneren kommt und eine silikatische Zusammensetzung besitzt. Lava, Basalt und Granit sind magmatische Gesteine. Im Gegensatz zu Lava- und Basaltgesteinen sind Granite durch eine ziemlich langsame Abkühlung und durch die Kristallbildung tief im Inneren der Erdkruste entstanden. Der Tuffstein stammt von Asche und vulkanischen Lapilli. Er ist aber kein magmatisches Gestein, weil er nicht durch Erkalten sondern durch einen Ablagerungsprozess gebildet wurde.
Gesteine, die durch die Ablagerung von mehr oder weniger großen Teilen entstehen, die weniger als einen Millimeter, aber auch mehrere Zentimeter groß sein können und vom Zerfall von vorher bestehenden Gesteins (Trümmergestein) oder durch die direkte Fällung von Mineralien aus dem Wasser (chemische Gesteine) stammen, werden **Sedimentgesteine** genannt. Auch Gesteine, die von der Zerkleinerung von Schalen und anderen Organismus-Teilen stammen, die aus Calciumcarbonat bestehen, werden als klastische Sedimentgesteine (vom griechischen *„klastós“* = Bruchstück) betrachtet und werden mit „karbonatisch“ bezeichnet. So unglaublich es auch erscheinen mag, die Karbonatgesteine der berühmten Dolomitenmassive, entstanden zum Großteil durch die Anhäufung von mehr oder weniger kleinen Bruchstücken von Schneckenhäusern, Schalen und Skeletten von Meeresorganismen. In seltenen Fällen können die Karbonatgesteine von der direkten Fällung von Karbonaten in Gewässern stammen, die reich an diesen Verbindungen sind (ein Beispiel hierfür ist der Travertin). Sie gehören folglich zur Kategorie der „chemischen Gesteine“.
Die Sedimente können je nach ihrer Körnung, d. h. nach den Abmessungen (Korngröße) der Teilchen, die sie bilden in **Lehm**, **Sand** und **Kies** unterschieden werden. Sedimente sind ursprünglich „lose“, d. h. die Körner, die sie bilden, sind nicht streng miteinander verbunden. Durch

**6 >** Breccia ricoperta da uno strato di arenaria rossastra nei depositi deltizi eocenici del Montserrat (Catalogna, Spagna).

no anche per la composizione essendo costituite al 50% da carbonato di calcio e per il resto da minerali argillosi. A seconda della variazione percentuale di questi componenti avremo marne calcaree e marne argillose. Se insieme a carbonato di calcio e minerali argillosi il sedimento conteneva anche una certa quantità di limo, il risultato sarà una marna siltosa. Si possono avere tutte le composizioni "miste" anche per le altre rocce, per esempio arenarie siltose (derivate da sabbie miste a limo) o siltiti arenacee (derivate da limi misti a sabbia). Le rocce a grana molto fine e composizione prevalentemente o parzialmente silicea, come marne e siltiti, sono chiamate nel complesso **peliti**.

Nella categoria delle "rocce carbonatiche" le rocce possono essere identificate sulla base della loro composizione chimica e non per le dimensioni dei granuli che le compongono. Esse si suddividono in **calcari** (formati da carbonato di calcio) e **dolomie** (formate da carbonato di calcio e magnesio; Fig. **7**), che abbiamo già menzionato sopra. I calcari sono più solubili delle dolomie e più facilmente disciolti dagli acidi organici contenuti nelle acque. Per questo motivo le grotte e i fenomeni carsici in generale si sviluppano prevalentemente nei calcari. Naturalmente anche calcari e dolomie sono suddivisibili in categorie basate sulle dimensioni delle particelle che le costituiscono. Da sabbie carbonatiche si formano le calcareniti, dalle ghiaie le brecce carbonatiche e così via.

Le **rocce metamorfiche** derivano dalla ricristallizzazione, senza fusione, di rocce preesistenti, a causa di alta pressione e/o elevata temperatura.

Per comunicare tra loro e produrre le carte geologiche, i geologi usano un gergo specifico che non è di immediata comprensione a chi geologo non è, soprattutto perchè i termini utilizzati spesso possono avere altri significati - meno specifici - nella lingua italiana. Uno di questi termini ricorre nel testo, quindi è

7 > Dolomie stratificate della Dolomia di Forni nella valle del Rio Seazza (Preone).

Kompaktierung, die auf die Last der darüber liegenden Segmente zurückzuführen ist und Zementierung, die von der Zirkulation von mineralsalzhaltigen Gewässern verursacht wird, verwandeln sie sich in hartes Gestein. Der Zement, der die Körner zusammenhält kann sich sehr unterschiedlich zusammensetzen. Er besteht allerdings im Allgemeinen aus Calciumcarbonat ($CaCO_3$) oder Kieselerde ($SiO_2$).
Sand, der vor allem aus Körnern silikatischer Zusammensetzung besteht, bildet das mit **Sandstein** bezeichnete Gestein (Abb. 5), Schlamm bildet dagegen **Schluff-** oder **Siltstein**. Gesteine, die aus Kies und größeren Felsfragmenten bestehen, die untereinander zementiert sind, nennt man **Konglomerate**, wenn die Bruchstücke abgerundet sind (Kieselsteine), **Brekzie**, wenn sie scharfe Kanten haben (Abb. 6). **Schluffstein**, der aus Tonmineralien oder allgemeiner ausgedrückt aus einem Sedimentbruchstück mit einer Korngröße von weniger als 1/256 mm besteht, sind die feinsten Siltsteine; sie sind plastisch, d. h. verformbar. Auch der **Mergel** (Abb. 5) ist ein feinkörniges Gestein, das sich allerdings durch seine Zusammensetzung auszeichnet. Er besteht aus 50% aus Calciumcarbonat und zu 50% aus Tonmineralien. Gesteine mit sehr feiner Körnung und in erster Linie oder zum Teil silikatischer Zusammensetzung wie Mergel und Schluffsteine werden insgesamt **Pelit** genannt.
Die Kategorie der „Karbonatgesteine“ identifiziert die Gesteine aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung und nicht aufgrund der Korngrößen. Sie sind unterteilt in **Kalksteine** (die aus Calciumcarbonat bestehen) und **Dolomitsteine** (die aus Calciumcarbonat und Magnesium bestehen; Abb. 7). Die Kalksteine sind löslicher als Dolomitsteine und werden leichter von den organischen Säuren gelöst, die in den Gewässern enthalten sind. Deshalb entwickeln sich Grotten und Karsterscheinungen vor allem in Kalksteinen. Natürlich sind auch Kalk- und Dolomitsteine in Kategorien unterteilbar, die auf den Teilchengrößen basieren, aus denen sie bestehen. Aus Karbonatsand bildet sich Kalksandstein, aus Kies Karbonatbrekzien usw.
Die **metamorphen Gesteine** stammen aus der Umkristallisation von bereits vorher bestehenden Gesteinen ohne Schmelzvorgang aufgrund von hohem Druck und/oder hoher Temperatur.
Zur Kommunikation untereinander und für die Herstellung von geologischen Karten verwenden Geologen einen Fachjargon, der für Nichtgeologen nicht sofort verständlich ist. Einige dieser Begriffe werden im Text immer wieder vorkommen. Deshalb ist es sinnvoll, ihre Bedeutung zu erklären.
Geologen definieren Gesteinskörper großer Abmessungen mit einer ziemlich weitläufigen Ausdehnung auf der Erde, die sich durch einen einzigen Gesteinstyp (wie Kalk- oder Dolomitstein) oder durch zwei oder mehr Gesteinstypen auszeichnen, die im gleichen Ablageraum (tiefes oder seichtes Meer, Flußdelta, See, usw.) ihre Ursprung haben, mit „**Formationen**“. Die Namen

opportuno spiegare il suo significato. I geologi definiscono "**Formazioni**" i corpi rocciosi di grandi dimensioni, con una estensione sulla superficie della Terra relativamente ampia e caratterizzati da un singolo tipo di roccia (litotipo, come calcare o dolomia) o da alternanze di due o più litotipi originati in uno stesso ambiente di deposizione (mare profondo, mare basso, delta fluviale, lago, ecc). I nomi delle Formazioni derivano spesso dal tipo di roccia dominante e dalla località dove la Formazione è stata osservata o studiata per la prima volta. Per esempio, la Dolomia di Forni è una Formazione costituita prevalentemente da rocce dolomitiche ed affiora anche, ma non esclusivamente, nella zona dei Forni Savorgnani (Forni di Sotto e Forni di Sopra) in Carnia.

In Friuli è esposta una successione stratigrafica che rappresenta oltre 450 milioni di anni di storia della Terra (Fig. **3**). Le montagne della Carnia (Prealpi Carniche settentrionali e Alpi Carniche) sono costituite prevalentemente da rocce con un'età che spazia da circa 460 (Ordoviciano superiore) a circa 50 milioni di anni fa (Eocene). Nelle Alpi Carniche *sensu strictu* (la Catena Carnica) le rocce sono prevalentemente paleozoiche, mentre nelle Alpi Carniche meridionali o Alpi Tolmezzine sono prevalentemente triassiche. Nelle Prealpi Carniche settentrionali dominano le rocce triassiche e giurassiche. Si tratta nella quasi totalità di rocce sedimentarie; limitati corpi di rocce ignee o derivati dal loro smantellamento, (tufiti, basalti, brecce vulcaniche) sono presenti nel Carbonifero superiore, Triassico medio e - sporadicamente - nel Carnico.

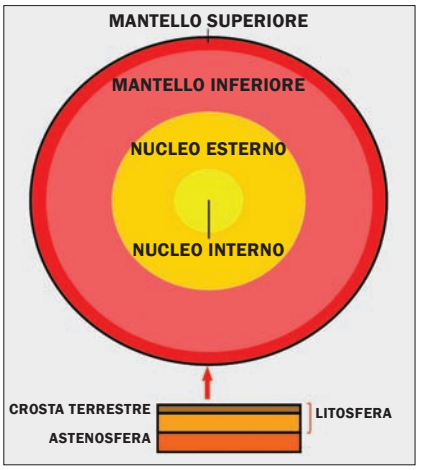
La stragrande maggioranza delle rocce sedimentarie della Carnia è derivata da depositi marini. Tra le poche unità litostratigrafiche che si sono originate (almeno in parte) in ambientti continentali vi sono la Formazione del Bombaso e il Gruppo di Pramollo (Carbonifero superiore), la Breccia di Tarvisio, il Conglomerato di Sesto e le Arenarie di Val Gardena (Permiano superiore), il Conglomerato di Piz da Peres, il Conglomerato di Voltago/Breccia di Ugovizza e il Conglomerato di Richtofen (Triassico medio, Anisico).

der Formationen werden oft vom Hauptgestein und Ort abgeleitet, wo die Formation zum ersten Mal beobachtet oder studiert wurde. So ist der Dolomit von Forni eine Formation, die vor allem aus Dolomitgestein besteht und auch, aber nicht ausschließlich, im Gebiet von Forni Savorgnani (Forni di Sotto und Forni di Sopra) in Karnien auftritt.

Im Friaul ist eine stratigraphische Abfolge sichtbar, die mehr als 450 Millionen Jahre Erdgeschichte darstellt (Abb. **3**). Die Berge von Karnien (nördliche Karnische Voralpen und Karnische Alpen) bestehen vor allem aus Gesteinen eines Alters zwischen circa 460 (Ordovizium) und circa 50 Millionen Jahren (Eozän). In den Karnischen Alpen *im engeren Sinne* (der Karnischen Kette) stammt das Gestein in erster Linie aus dem Paläozoikum, während es in den südlichen Karnischen Alpen oder Alpen von Tolmezzo vor allem aus der Trias stammt. In den nördlichen Karnischen Voralpen dominieren Gesteine aus Trias und Jura. Es handelt sich in fast allen Fällen um Sedimentgesteine; magmatische Gesteine oder Derivate aus deren Bruchstücken (Tuffsteine, Basalte, Vulkanbrekzien) liegen im oberen Karbon, in der mittleren Trias und - gelegentlich - im Karnium vor.

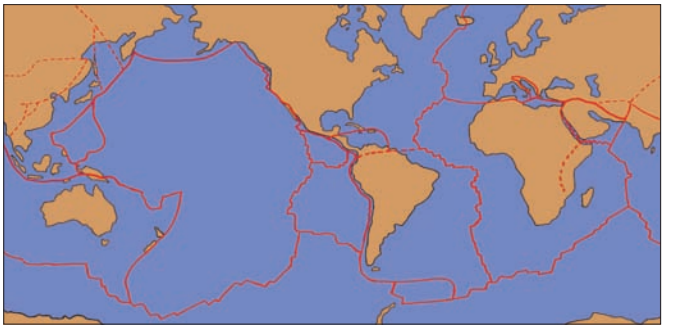
Der Großteil der Sedimentgesteine stammt von Meeresablagerungen. Unter den wenigen lithostratografischen Einheiten, die (zumindest zum Teil) im auf dem Festland entstanden sind, gehört die Bombaso Formation und die Gesteine der Pramollo-Gruppe (oberes Karbon), die Tarvisio Brekzie, das Sextner Konglomerat und der Grödner Sandstein (oberes Perm), das Piz da Peres Konglomerat, das Voltago Konglomerat, die Ugovizza Brekzie, sowie das Richthofen Konglomerat (mittleres Trias, Anisium).

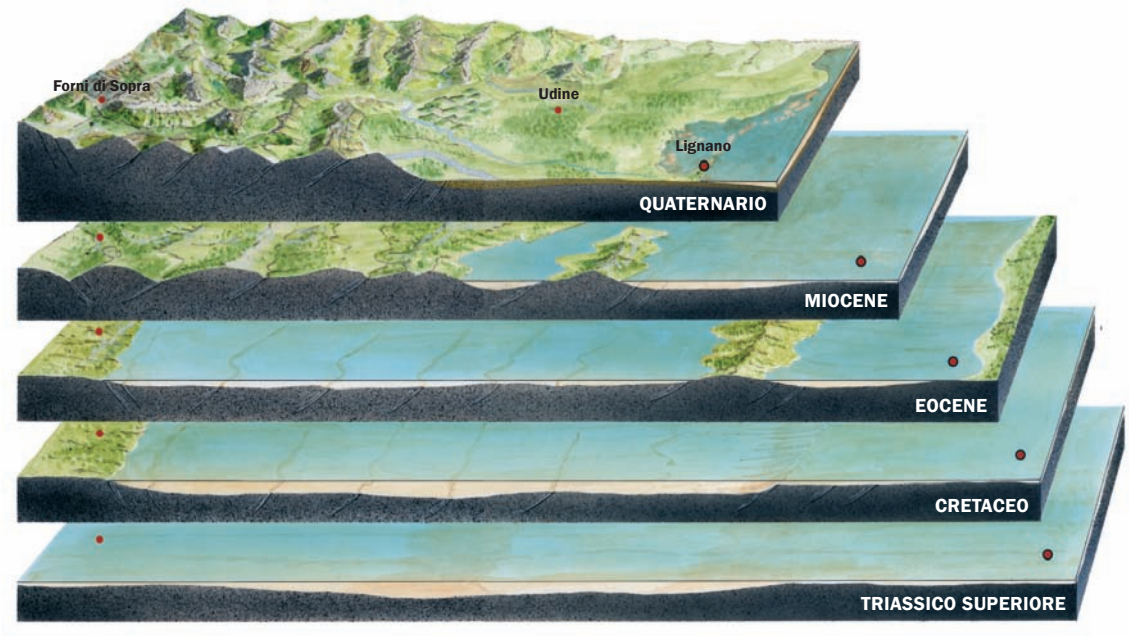
**Come si sono formate le nostre montagne?**
La geografia e il paesaggio del nostro territorio non sono sempre stati così come li vediamo oggi.
La Terra è formata da strati concentrici che, a partire dal centro, sono il nucleo, il mantello e la crosta terrestre (Fig. 8). La parte centrale, il **nucleo,** è formata di ferro-nichel ed è diviso in una parte interna solida e una parte esterna liquida. Il nucleo è ricoperto dal **mantello**, spesso di circa 2800 km. La parte più esterna del pianeta, quella su cui viviamo, è la **crosta terrestre**, rigida e estremamente sottile rispetto agli altri due "strati" (5-7 km sotto gli oceani e fino a 90 km sotto le montagne). In confronto al resto del Pianeta, la crosta è per rapporti dimensionali quello che la buccia è per la mela. La crosta e la parte superiore del mantello formano uno strato (**litosfera**) che non è integro come la buccia della mela, ma è frammentato in porzioni chiamati **placche** o **zolle** e di dimensioni assai diverse tra loro (Fig. 9), che si muovono una rispetto all'altra come se "galleggiassero" sulla parte sottostante del mantello (**astenosfera**), calda e in grado di deformarsi lentamente. Roccia fusa risale continuamente dalle profondità del sottostante mantello e raggiunge la superficie attraverso lunghe fratture sul fondo dell'oceano (le **dorsali oceaniche**); raffreddandosi, forma nuova crosta che spinge a lato quella già esistente. Poichè l'ampiezza della superficie del Pianeta deve mantenersi più o meno costante, in altre zone la litosfera si spacca e ridiscende all'interno del mantello, fondendo. I continenti si trovano sulle zolle come su di un nastro trasportatore e si spostano man mano che da una parte si crea nuova crosta e dall'altra altrettanta viene rifusa. Per questo motivo i continenti sono in continuo movimento sulla superficie del Pianeta e la geografia è in costante mutamento. Quando nei loro spostamenti i continenti si scontrano, i sedimenti e le rocce accumulate ai margini vengono schiacciati, deformati, frantumati e innalzati a blocchi e scaglie a formare le catene montuose.
Lo scontro tra il continente Afroarabico e quello Euroasiatico, avvenuto in più fasi, ha causato la formazione della catena Alpina e, quindi, anche l'accorciamento della porzione di crosta terrestre corrispondente al territorio regionale, con il conseguente innalzamento delle Alpi e Prealpi Carniche e di tutti i rilievi della zona in esame (Fig. **10**).




**8 >** Lo spaccato del globo terrestre, con le varie suddivisioni interne. Gli spessori non sono esattamente in scala.

**9 >** Suddivisione in zolle della parte esterna del Pianeta.






**10** > Vari stadi dell'innalzamento delle Prealpi Carniche per compressione e accorciamento della crosta terrestre.

**Wie sind unsere Berge entstanden?**
Geografie und Landschaft unseres Gebiets waren nicht immer so, wie wir sie heute sehen. Die Erde besteht aus konzentrischen Schichten, die vom Zentrum ausgehend mit Erdkern, -mantel und Erdkruste bezeichnet werden (Abb. 8). Der innere Teil, der **Erdkern,** besteht aus Eisen-Nickel und ist in einen inneren festen Teil und einen äußeren flüssigen Teil unterteilt. Der Kern wird vom **Mantel** bedeckt, der circa 2800 km dick ist. Der äußerste Teil des Planeten, auf dem wir leben, ist die **Erdkruste**, die gegenüber den anderen beiden „Schichten" (5-7 km unter den Ozeanen und bis zu 90 km unter den Bergen) starr und extrem dünn ist. Im Vergleich zum Rest des Planeten, ist die Erdkruste im Größenverhältnis das, was die Schale für den Apfel ist. Die Kruste und der obere Teil des Mantels bilden eine Schicht (**Lithosphäre**), die nicht wie die Schale des Apfels vollständig, sondern verschiedene Stücke unterteilt ist. Sie werden **Platten** oder **Schollen** genannt und weisen jeweils sehr unterschiedliche Größen auf (Abb. **9**). Dabei verschieben sie sich gegeneinander, als ob sie auf dem darunterliegenden Teil des Mantels (**Asthenosphäre**) „schwimmen", der heiß ist und sich langsam verformen kann. Geschmolzenes Gestein steigt ständig aus den Tiefen des darunter liegenden Mantels hoch und erreicht die Oberfläche über lange Bruchstellen auf dem Grund des Ozeans (die **ozeanischen Rücken**). Wenn das Gestein erkaltet, bildet es ein neuer Teil einer Scholle, der die bereits bestehenden zur Seite drückt. Nachdem die Ausdehnung des Planeten mehr oder wenig konstant bleiben muss, wird in einem anderen Bereich der Erde ein Teil einer Scholle ins Innere des Mantels gedrückt wo er schmilzt.
Die Kontinente befinden sich auf den Schollen wie auf Transportbändern und bewegen sich allmählich, wenn sich einerseits neue Erdkruste bildet und andererseits die gleiche Menge wieder eingeschmolzen wird. Wenn die Kontinente bei ihren Bewegungen zusammentreffen, werden die Sedimente und Gesteine, die am Rand angehäuft sind, zerdrückt, deformiert, zerbrochen und in Blöcken und Splittern angehoben, um Bergketten zu formen.
Das Zusammentreffen zwischen dem Afro-arabischen und dem Eurasischen Kontinent, das sich in mehreren Phasen abspielte, hat zur Bildung der Alpenkette geführt. Dies führte zu einer Verkürzung der Ausdehnung der Scholle in der Region mit der daraus folgenden Anhebung der Karnischen Alpen und Voralpen und aller Berge des untersuchten Bereichs (Abb. **10**).

# TRACCE E ORME FOSSILI

## Cos'è una traccia e come si fossilizza

Si considera "traccia" qualsiasi segno dell'attività di un organismo, inclusi i suoi escrementi, i nidi e le tane, le uova e persino i solchi dei denti sulle ossa delle prede o i fori di predazione nelle conchiglie. La maggior parte delle tracce dei tetrapodi, tuttavia, sono **orme** prodotte dalle loro zampe durante gli spostamenti.

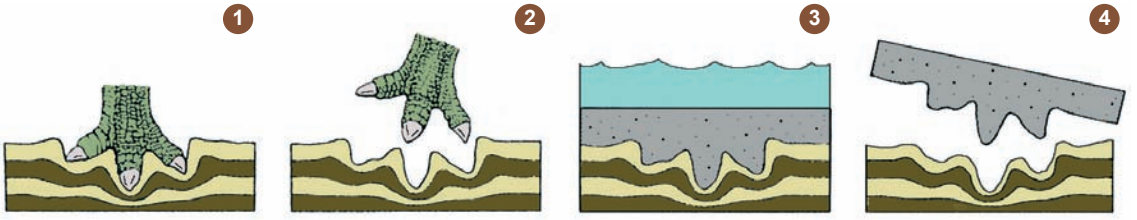
Le zampe hanno una ristretta variabilità nel numero di dita: si va dalla zampa ad un singolo dito (monodattile, come nel cavallo) a quella a cinque dita (pentadattile) che è la più comune. Pochi tetrapodi hanno zampe a due dita (didattile): lo struzzo è funzionalmente didattile, perchè la zampa posteriore ha due sole dita sviluppate, mentre i dinosauri deinonicosauriani avevano zampe posteriori funzionalmente didattili perchè non appoggiavano al suolo il dito interno. Molti dinosauri - soprattutto teropodi - possedevano zampe posteriori tridattili e pure parecchi uccelli attuali sono funzionalmente tridattili. I coccodrilliformi avevano ed hanno zampe posteriori tetradattili. I primi tetrapodi, come *Ichthyostega* e *Acanthostega* possedevano, rispettivamente, fino a sette e otto dita e nei tetrapodi ritornati alla vita acquatica e con zampe trasformate in palette natatorie la polidattilia è comune.

Della zampa si possono appoggiare al suolo solo le dita e in tal caso l'animale è "digitigrado" (gli uccelli sono un esempio attuale); se invece appoggia anche la pianta o il palmo si definisce "plantigrado" (il primate *Homo sapiens* ne è un classico esempio, quando non ha fretta).

Come dice il nome stesso, i tetrapodi (*tetra* = quattro e *podous* = piedi in Greco) hanno quattro arti, in genere si spostano su tutti e quattro e per questo sono definiti "quadrupedi"; alcuni tetrapodi, però, si spostano sulle sole zampe posteriori e dunque sono "bipedi" (*Homo sapiens* e gli uccelli sono noti esempi attuali). Naturalmente, ciò si riflette nella disposizione e sequenza delle orme lasciate durante gli spostamenti, vale a dire nelle piste di deambulazione.

Si possono distinguere due momenti principali nella storia delle impronte: la **formazione** e la **conservazione**. In genere, la sequenza di eventi che porta alla fossilizzazione di un'orma è la seguente (Fig. **12**): 1) la zampa deforma

**11 >** Lastra di roccia che contiene le piste di arcosauro rinvenute nel Carnico superiore della Val Dogna. Sono state asportate dal sito originario per evitare che fossero distrutte o danneggiate dalle piene del Torrente Dogna o dalle frane grazie ad un finanziamento della Soprintendenza ai Beni Archeologici. Rimontate e restaurate, sono oggi esposte al pubblico nel paese di Dogna.




**12 >** Processo di formazione e fossilizzazione di un'orma.

il sedimento molle trasmettendo il peso del corpo; 2) rimane l'impronta - più o meno profonda e definita - come una depressione circondata da un bordo prodotto dall'espulsione laterale e/o antero-posteriore del sedimento; 3) l'orma rimane esposta all'alterazione da parte degli agenti esogeni (correnti, moto ondoso ecc.) e biogeni (sovrapposizione di altre orme, perforazioni da parte di invertebrati, ecc.) fino a che uno strato di sedimento trasportato dall'acqua o - più raramente - dal vento la ricopre (sott'acqua e in assenza di un seppellimento rapido e massiccio, la depressione costituita dall'impronta funge da trappola per il sedimento grossolano ed i piccoli resti vegetali trascinati sulla superficie del fondale dalle correnti); 4) gli strati di sedimento si accumulano uno sull'altro nel tempo e si trasformano in strati di roccia per compattazione e cementazione (processo chiamato "diagenesi") "fissando" quello che è rimasto dell'orma originaria. L'impronta ormai fossile ritornerà finalmente alla luce del sole soltanto se lo strato o gli strati che la ricoprono saranno asportati (da parte dell'uomo - come nel caso dei lavori di cava - o eventi naturali, come le frane).

Le condizioni del sedimento influiscono enormemente sulla possibilità di conservazione e fossilizzazione dell'orma, nonchè sulla fedeltà nella riproduzione della morfologia della zampa.

Il substrato ideale per la formazione delle impronte non deve essere nè troppo duro nè troppo molle. Il primo non la favorisce; in un substrato compatto, infatti, le orme sono molto superficiali e si possono evidenziare solo in particolari condizioni di luce e precisamente quella radente del tardo pomeriggio e del primo mattino quando l'inclinazione dei raggi solari genera ombre che ne mettono in risalto il debole rilievo. Il substrato troppo molle porta alla formazione di orme deformate, spesso con contorni non ben definiti, dei veri e propri buchi, difficili, quindi, da identificare come impronte una volta fossilizzati.

Esiste, inoltre, un'interazione dinamica tra la zampa e il substrato, dunque l'impronta risulterà diversa a seconda dell'andatura dell'animale: a parità di substrato, le orme prodotte dallo stesso animale saranno quindi differenti a seconda che si sposti correndo o camminando.

La conservazione e il rinvenimento delle impronte sono eventi eccezionali se si pensa che dipendono dalle condizioni originarie del sedimento nel quale sono state impresse e alle vicende successive al seppellimento. Una volta che l'impronta si è formata è necessario che non sia distrutta da agenti fisici come il moto ondoso, le correnti fluviali o marine, le maree ed il vento. Deve essere poi riempita e ricoperta da altro sedimento; affinchè l'impronta si conservi con gli stessi particolari

## FOSSILIENSPUREN UND -FÄHRTEN

Was ist eine Spur und wie wird sie zu einer Versteinerung?
Man betrachtet jedes Tätigkeitszeichen eines Organismus als „Spur“. Hierzu gehören auch sein Kot, die Nester und Höhlen, die Eier und sogar der jeweilige Abdruck der Zähne auf den Knochen der Beutetiere oder die Plünderungslöcher in den Muscheln. Der Großteil der Tetrapoden-Spuren besteht allerdings aus den **Fährten**, die ihre Beine während ihrer Fortbewegungen geschaffen haben. Die Läufe weisen nur eine begrenzte Anzahl von Zehen auf: Sie reichen von Läufen mit nur einer Zehe (monodactyl, wie beim Pferd) bis zu fünf Zehen (pentadactyl), die die Landläufigsten waren. Wenige Tetrapoden haben Läufe mit zwei Zehen (bidactyl): Der Strauß ist funktionell bidactyl, weil der Hinterlauf nur zwei Zehen besitzt, während die Deinonychosauria funktionell bidactyle Zehen hatten, weil sie die innere Zehe nicht aufsetzten. Viele Dinosaurier, vor allem die Theropoden, besaßen tridactyle Hinterläufe und sogar viele Vögel sind funktionell tridactyl. Die Krokodilartigen hatten und haben tetradactyle Hinterläufe.
Die ersten Tetrapoden, wie *Ichthyostega* und *Acanthostega*, besaßen bis zu sieben bzw. acht Zehen. Bei den Tetrapoden, die zum Wasserleben zurückgekehrt waren und deren Läufe sich zu Schwimmschaufeln umgewandelt hatten, waren üblicherweise viele Zehen vorhanden.
Von den Läufen können nur die Zehen am Boden abgestützt werden; in diesem Fall ist das Tier ein „Zehengänger“ (Vögel sind hierfür ein aktuelles Beispiel). Wenn das Tier auch die Fußsohle oder die Handfläche aufstützt, so bezeichnet man es als „Sohlengänger“ (*Homo sapiens* ist hierfür ein klassisches Beispiel).
Wie schon der Name selbst aussagt, besitzen die Tetrapoden (*tetra* = vier und *podous* = Füße im Griechischen) vier Gliedmaßen. Im Allgemeinen bewegen sie sich auf allen Vieren fort und werden deshalb als „Vierfüßler“ bezeichnet. Einige Tetrapoden laufen dagegen nur auf den Hinterläufen und sind deshalb „Zweifüßler“ (*Homo sapiens* und Vögel sind hierfür aktuell bekannte Beispiele). Natürlich spiegelt sich das in der Anordnung und Abfolge der Fährten wider, die während der Fortbewegung, d. h. auf dem Wanderweg, hinterlassen werden.
Man unterscheidet zwei Hauptaugenblicke bei der Geschichte der Abdrücke: Die **Bildung** und die **Konservierung**. Im Allgemeinen führt folgender Ablauf zur Versteinerung einer Fährte (Abb. **12**): 1) Der Lauf deformiert das weiche Sediment und überträgt dabei das Körpergewicht; 2) es verbleibt der mehr oder weniger tiefe und definierte Abdruck, wie eine Vertiefung, die von einem Rand umgeben ist, der durch das seitliche und/oder vorder-rückseitige Ausstoßen des Sediments verursacht wird; 3) die Fährte bleibt der Änderung exogener (Strömungen, Wellengang, usw.) und biogener Auswirkungen (Überlappung von anderen Fährten, Durchbohrung von Invertebraten, usw.) ausgesetzt, bis eine vom Wasser transportierte Sedimentschicht oder, in selteneren Fällen, der Wind sie abdeckt; 4) im Laufe der Zeit häufen sich verschiedene Sedimentschichten übereinander und verwandeln sich durch Kompaktierung und Zementierung in Gesteinsschichten („Diagenese“ genannter Prozess) und „fixieren“ dabei das, was von der ursprünglichen Fährte übrig ist. Der inzwischen versteinerte Abdruck wird nur dann endlich wieder ans Tageslicht kommen, wenn die bedeckende(n) Schicht(en) (vom Menschen, wie bei der Arbeit in Steinbrüchen oder durch Naturereignisse, wie Erdrutsche) entfernt wird/werden.
Der Zustand des Sediments trägt enorm zur Konservierungs- und Versteinerungsmöglichkeit der Fährte, sowie zur Reproduktionstreue der Morphologie der Läufe bei.
Das ideale Substrat für die Bildung von Abdrücken darf weder zu hart noch zu weich sein. Im ersteren Fall wird seine Bildung nicht begünstigt, denn in einem kompakten Substrat sind die Fährten sehr oberflächlich und können nur unter besonderen Lichtbedingungen, genauer gesagt beim Streiflicht des Spätnachmittags und frühen Morgens gesehen werden, wenn die Neigung der Sonnenstrahlen Schatten bildet, die die schwache Erhöhung hervorhebt. Das zu weiche Substrat führt zur Bildung von deformierten Fährten, die oft keine gut definierten Umrisse haben und richtige Löcher sind, die folglich schwierig zu identifizieren sind. Außerdem besteht ein dynamisches Zusammenwirken zwischen Lauf und Substrat. Demnach erscheint der Abdruck je nach Gangart des Tieres unterschiedlich: Bei gleichem Substrat sind folglich die vom gleichen Tier geschaffenen Fährten unterschiedlich, je nachdem, ob es schnell läuft oder geht.
Die Konservierung und das Auffinden der Abdrücke sind außerordentliche Ereignisse, die von den ursprünglichen Bedingungen des Sediments abhängen, in dem sie eingeprägt sind. Außerdem hängen sie von den Vorkommnissen nach dem Vergraben ab. Wenn sich der Abdruck gebildet hat,

so darf er nicht von physikalischen Einwirkungen wie dem Wellengang, den Fluss- oder Meeresströmungen, Gezeiten oder dem Wind zerstört werden. Dann muss er von einem weiteren Sediment aufgefüllt und zugedeckt werden. Damit der Abdruck erhalten bleibt, muss dies sobald wie möglich geschehen, bevor die oben genannten physikalischen Einwirkungen mit seiner Zerstörung beginnen. Das Füllungsmaterial bildet den Gegenabdruck, der im fossilen Zustand eine bauchige Struktur aufweist (Positiv; positive Hyporeliefs genannt, weil sie auf der unteren Oberfläche der Schicht konserviert sind, die über der Schicht mit den tatsächlichen Abdrücken liegt; Abb. **13**). Ein hervorragendes Konservierungsbeispiel der Abdrücke erhält man, wenn die Schicht mit dem Abdruck und die abdeckende Schicht aus, hinsichtlich der Zusammensetzung oder Korngröße, verschiedenen Sedimenten besteht. Wenn die Schicht mit den Fährten sandig und kompakt ist, so wird sie bei der Schichtenbildung in harten Sandstein verwandeln. Und wenn diese von Schlamm bedeckt wird, hebt die durch die Schichtenbildung entstandene leichte Aushöhlung des Gesteinssediments den Abdruck mit der ursprünglichen Morphologie hervor. Man erhält also eine deutlich sichtbare Senkung (Abb. **13A**). Falls Sand mit Schlamm aufgefüllt wird, erhält man hervorragende Gegenabdrücke, weil die obere Schicht viel beständiger als die Untere ist (Abb. **13B**). Wenn die Schichtenbildung dünn ist, so werden die Schichten, die unter denen der Fährten liegen ebenfalls mehr oder weniger vom Gewicht des Tieres deformiert und werden Unterabdrücke oder übertragene Abdrücke (*undertrack*), Kopien des eigentlichen Abdrucks konservieren, die nach und nach weniger klar und sichtbar werden, wenn man in die unteren Schichten vordringt. Das Gleiche passiert mit den Schichten, die sich über der Fährtenschicht absetzen, die Überabdrücke (*overtrack*) enthalten. Oft weisen die fossilen Fährten vor allem im Karbonatgestein noch einen Teil der Füllung auf (mitunter mit einer „zwiebelförmigen“ Struktur), die die tatsächliche Morphologie der Fährte verdeckt.
Wie für alle Tiere und Pflanzen, so gibt es auch für die Fährten eine formale **wissenschaftliche Benennung**, die ein lateinisches Wortpaar verwendet, bei dem der erste Name die Gattungsbezeichnung (Ichnogenus) ist, während der zweite die Spezies (Ichnospezies) identifiziert. Es gibt keine direkte Beziehung zwischen der binomischen Klassifizierung der Tiere, basierend auf der Taxonomie (zum Beispiel *Homo* [Gattung]

morfologici di quando è stata impressa, questo deve verificarsi al più presto, prima che gli agenti fisici sopra menzionati inizino a cancellarla. Il materiale di riempimento forma le controimpronte, che - allo stato fossile - appaiono come strutture convesse (positive; sono chiamate iporilievi positivi perchè sono conservate sulla superficie inferiore dello strato sovrastante lo strato con le impronte vere e proprie; Fig. **13B**). Un esempio ottimale di conservazione delle impronte si ha quando lo strato su cui sono impresse e quello che le ricopre sono formati da sedimenti diversi per composizione o granulometria. Se lo strato con le orme è sabbioso e compatto la litificazione lo trasformerà in dura arenaria e se sarà ricoperto dal fango, la facile erosione della roccia derivata dalla litificazione di quest'ultimo sedimento metterà in risalto l'impronta con la morfologia originaria, si avrà quindi una netta e visibile depressione (Fig. **13A**). Nel caso del riempimento di sabbie su fanghi, essendo lo strato superiore molto più resistente del sottostante, si avranno ottime controimpronte (Fig. **13B**).
Se la stratificazione è sottile, gli strati sottostanti quello interessato dalle orme saranno anch'essi più o meno deformati dal peso dell'animale e conserveranno sottoimpronte o impronte trasmesse (*underprints*), copie dell'impronta vera e propria che diventano via via meno chiare e visibili man mano che ci si sposta negli strati inferiori. Lo stesso accade con gli strati che si depongono sopra allo strato con le orme, che conterranno sovraimpronte (*overprints*). Spesso, soprattutto nelle rocce carbonatiche, le orme fossili presentano ancora parte del riempimento (talvolta con una struttura "a cipolla") che maschera la reale morfologia dell'orma.

Come per tutti gli animali e le piante, anche per le orme esiste una **denominazione scientifica** formale che utilizza un binomio latino in cui il primo nome è quello generico (icnogenere) mentre il secondo identifica la specie (icnospecie). Non c'è relazione diretta tra la classificazione binomia degli animali basata sulla tassonomia (per esempio *Homo* [genere] e *H. sapiens* [specie]) e quella che si usa per le orme seguendo una paratassonomia. Questo perchè molte specie diverse di animali avevano zampe con morfologia generale simile, tanto da non permettere allo studioso di riconoscere la specie e il genere solo sulla base di tale parte del corpo. Quindi, anche se un'orma è stata prodotta con tutta probabilità da una data specie, secondo i criteri dell'icnotassonomia riceverà un nome proprio, distinto da quello del probabile autore (il *trackmaker*). Per esempio, le grandi orme tridattili rinvenute nelle rocce della fine del Cretaceo in New Mexico, probabilmente prodotte dal dinosauro *Tyrannosaurus rex*, sono state denominate *Tyrannosauripus*.

## Dove cercare le orme fossili (quando consentito) e perchè

Le orme fossili non si trovano in tutte le rocce. Solo le rocce sedimentarie - tranne casi eccezionali - conservano i resti fossili degli organismi, tracce comprese. Le orme non vanno ricercate, quindi, nelle rocce magmatiche (come i graniti o i basalti) e nelle rocce metamorfiche (come le filladi, gli gneiss e i veri marmi). In zone come, per esempio, la Val Venosta dove le rocce metamorfiche sono dominanti, il rinvenimento di orme fossili è estremamente improbabile.

Anche se alcune forme sono tornate alla vita acquatica sviluppando palette natatorie al

**13 >** Orme fossili. A) epirilievo negativo tridattile; B) iporilievo positivo o controimpronta (tridattile, vicino al martello).

posto delle zampe (per esempio, gli ittiosauri e i cetacei), la maggior parte dei tetrapodi è vissuta sulla terraferma o almeno ai suoi margini. Le orme di questi animali vanno, quindi, ricercate nelle rocce sedimentarie formatesi in ambienti continentali o vicini e in connessione con le terre emerse. Tali ambienti sono soprattutto le rive dei fiumi e dei laghi, le piane inondabili dalle precipitazioni o dalle esondazioni fluviali, le spiagge, le piane di marea, i bassi fondali in prossimità della costa e, più raramente, le dune desertiche.
I tetrapodi terrestri non erano in grado di camminare in apnea sui fondali marini, quindi non potevano lasciare le loro orme in sedimenti che erano coperti da uno strato d'acqua sensibilmente più profondo della lunghezza dei propri arti. Dato che la stragrande maggioranza di questi animali possedeva arti più corti di cinque metri (una lunghezza che poteva essere raggiunta forse solo dai giganteschi dinosauri sauropodi) e considerando anche la lunghezza del collo, non è possibile rinvenire le loro tracce fossili in rocce derivate da sedimenti depositati a profondità maggiori di una decina di metri.
Per la ricerca delle orme fossili sono indispensabili alcune condizioni:
1) Si deve conoscere la geologia dell'area da investigare; è necessario, dunque, procurarsi una carta geologica con le relative note illustrative.

und *H. sapiens* [Spezies]) und der, die man für die Fährten unter Befolgung einer Parataxonomie verwendet. Dies deshalb, weil viele unterschiedliche Tierspezies Läufe mit allgemein ähnlicher Morphologie hatten, so dass der Forschende die Spezies und Gattung nicht nur auf Basis dieses Skelettteils erkennen konnte. Folglich erhält eine Spur, auch wenn sie mit aller Wahrscheinlichkeit von einer bestimmten Spezies produziert wurde, gemäß den Kriterien der Ichnotaxonomie einen Eigennamen, der sich von dem des vermutlichen Autors (dem *trackmaker* oder Fährtenerzeuger) unterscheidet. So wurden zum Beispiel die großen tridactylen Fährten, die im Gestein aus dem Ende der Kreidezeit in New Mexico gefunden wurden, vermutlich vom Dinosaurier *Tyrannosaurus rex* geschaffen. Sie wurden allerdings mit *Tyrannosauripus* benannt.

**Wo sucht man Fossilienfährten (wenn erlaubt) und warum**

Die Fossilienfährten befinden sich nicht in jedem Gestein. Nur Sedimentgesteine - außer in Sonderfällen - konservieren versteinerte Reste der Organismen, einschließlich Spuren. Folglich kann man Fährten nicht in magmatischem und metamorphem Gestein suchen. So ist zum Beispiel im Vinschgau, wo metamorphe Gesteine dominieren, das Auffinden von versteinerten Fährten extrem unwahrscheinlich. Auch wenn einige Formen zum Wasserleben zurückgekehrt sind und Schwimmschaufeln anstelle der Läufe entwickelt haben (zum Beispiel die Ichthyosaurier und Wale), hat ein Großteil der Tetrapoden auf dem Festland oder zumindest an seinem Rand gelebt. Die Fährten dieser Tiere müssen also im Sedimentgestein gesucht werden, das sich im Kontinentalbereich oder seiner Nähe und in Verbindung mit dem Festland gebildet hat.
Diese Räume befinden sich vor allem an Fluss- und Seeufern, an Ebenen, die von Niederschlägen oder Flussüberschwemmungen überflutet wurden, an Stränden, im Ebbebereich, an seichten Stellen in Küstennähe und, in selteneren Fällen, bei Wüstendünen.
Die terrestrischen Tetrapoden waren nicht dazu in der Lage, den Meeresboden zu durchlaufen ohne zu atmen. Folglich konnten sie ihre Fährten nicht in Sedimenten hinterlassen, die von einer Wasserschicht bedeckt waren, die tiefer war als die Länge ihrer eigenen Läufe. Es ist also unmöglich, ihre versteinerten Spuren in Gesteinen zu finden, die von Sedimenten stammen, die in einer Tiefe von mehr als einigen Metern abgelagert wurden.
Für die Suche nach Fossilienfährten sind einige Bedingungen unerlässlich:
1) Man muss die Geologie des zu untersuchenden Gebietes kennen. Dazu muss man sich eine geologische Karte mit Erläuterungen beschaffen.
2) Man muss die Gesteinseinheiten erkennen, die sich in den oben aufgelisteten Räumen gebildet

2) Si devono individuare le unità rocciose - contraddistinte nella carta da colori diversi - che si sono formate negli ambienti sopra elencati. Per quanto riguarda le orme di dinosauro, vanno prese in considerazione solo le unità rocciose formatesi durante l'intervallo geologico Triassico superiore - Cretaceo superiore, per i tetrapodi in generale quelle più recenti del Devoniano. Nelle rocce originate da sedimenti deposti in mari profondi o in mare aperto, come il Rosso Ammonitico Veneto del Giurassico superiore, il Biancone e la Maiolica del Cretaceo inferiore o la Scaglia del Cretaceo superiore, non si troveranno mai le impronte dei tetrapodi terrestri contemporanei, che se ne stavano ben lontano all'asciutto. Nei *flysch* - tipiche alternanze di strati più o meno sottili di arenarie giallastro-brune e marne grigio-verdastre (Fig. **5**) - deposte in bacini marini profondi centinaia di metri, non si possono trovare orme di tetrapodi, anche se si rinvengono abbondantissime quelle degli invertebrati. Le presunte impronte fossili di tetrapodi talvolta segnalate nei *flysch* non sono state impresse da tali animali, ma probabilmente sono state prodotte dal trascinamento di oggetti da parte dalle correnti marine. Le rocce più promettenti sono quelle derivate da sedimenti fini depositati ai margini dei fiumi o di specchi d'acqua (rive dei laghi, stagni, lagune, piane di marea ecc.; Fig. **14**).

**14 >** A sinistra, orme prodotte dall'autore nei fanghi della piana di marea di Grado (Gorizia). A destra, orme fossili di dinosauro nei fanghi fossili di piana di marea della Dolomia Principale (circa 228-201 milioni di anni fa) in Val Scandoler (Cimolais, Pordenone).

3) Avere ben chiaro in mente cosa si va a cercare. Bisogna sapere quale è la morfologia che definisce un'orma. Le orme riflettono la morfologia delle zampe che non è casuale, ma ha caratteristiche ben precise. In particolare, si deve porre attenzione alle simmetrie e alla ripetizione di strutture. Anche i bordi di espulsione del fango che circondano, almeno in parte, la maggior parte delle orme sono diagnostici. Si presentano come "ciambelle" di roccia che cingono la depressione costituita dall'orma; nel caso dei riempimenti dell'orma originaria, che sono strutture in rilievo sulla superficie dello strato, i bordi di espulsione si presentano - ovviamente - come strette depressioni che cingono il rilievo. Infine, deve essere ben chiaro che - in mancanza di una morfologia chiara e priva di ambiguità - la prova definitiva per distinguere le vere orme da meri buchi nella roccia è la loro disposizione organizzata in una pista, vale a dire la successione regolare e geometricamente disposta nello spazio dei buchi o dei rilievi (nel caso dei riempimenti). In pratica, significa controllare se le supposte orme si trovano lungo una linea più o meno retta e se la distanza tra di esse è costante. Nella maggior parte dei casi, le segnalazioni delle impronte non tridattili si rivelano in realtà solo buchi nella roccia; le impronte tridattili sono, in generale, quelle più facili da riconoscere.
4) Si devono avere condizioni ottimali di illuminazione, vale a dire luce orientata (quindi, se possibile sono da evitare le giornate nuvolose) e radente. La luce è ottimale nelle giornate di sole invernali, ma anche in estate alla mattina presto e al tramonto. Naturalmente, si deve anche considerare l'angolo di incidenza della luce in relazione all'inclinazione della superficie rocciosa.
5) Si deve essere concentrati su quello che si cerca ed avere una visione panoramica. Se non si ha una visione d'insieme e ci si fissa su di un'area ristretta dell'affioramento roccioso si rischia di non accorgersi dell'organizzazione in pista delle orme.

## Metodologia e interpretazione dei dati

Una volta individuata una presunta impronta bisogna prima di tutto accertarsi se è parte di una pista. Solo così possiamo affermare, come detto sopra, che si tratta di un'orma e non dell'effetto di fenomeni erosivi o di altre cause (per esempio, l'esplosione di bombe, che nell'Europa centro-meridionale è un caso più frequente di quanto si possa pensare).
Se si desidera documentare l'avvenuta scoperta, ci sono alcune semplici procedure da seguire. Per prima cosa è necessario rilevare il punto GPS della località in cui è stata effettuata la scoperta o segnarla con precisione sulla carta topografica. Successivamente si devono evidenziare con il gesso i contorni dell'orma, del bordo di espulsione e di altre eventuali strutture presenti, quali impronte dei cuscinetti, tracce degli artigli, ecc. (Fig. **15**). Questo tipo di operazione non altera il fossile. Infine, si realizza una documentazione fotografica, sia prima che dopo l'evidenziazione con il gesso. Si colloca vicino al reperto un decimetro di riferimento o qualunque oggetto che possa fungere da scala e si fotografa in modo che l'asse dell'obiettivo sia perpendicolare all'impronta, così da ottenere un'immagine non deformata dalla prospettiva. È chiaro che un obiettivo grandangolare deforma l'immagine ai bordi; per documentare le orme singolarmente è quindi consigliabile usare sempre un obbiettivo da 50 mm.

Se si tratta di una superficie ampia che conserva numerose impronte bisogna, quando è il caso e si dispone della necessaria attrezzatura, ripulirla dai detriti per evidenziare al meglio gli icnofossili e poter identificare i loro rapporti spaziali.
Se si vuole proseguire in modo scientifico nella documentazione, si possono mappare tutte le orme, riproducendo su di un supporto (di solito un ampio foglio o telo di materiale plastico trasparente, per esempio polietilene) il loro contorno e la disposizione nello spazio.
L'attrezzatura necessaria per la mappatura consiste in una scopa, pennelli, martello da geologo, cazzuole e palette per rimuovere tutto il detrito dalla superficie, telo plastico trasparente (polietilene), gessi bianchi e colorati, alcuni pennarelli indelebili e una bussola (possibilmente da geologo).
Dopo aver contornato con il gesso i vari particolari visibili, si adagia sulla superficie uno o più teli trasparenti (a seconda delle dimensioni della superficie da mappare) e con un pennarello indelebile si riportano i contorni e tutti i particolari che possono essere utili per una successiva elaborazione e misurazione. Con la bussola si segna la direzione del nord e, se è una bussola da geologo, direzione e inclinazione della superficie di strato che contiene le impronte. Se nell'affioramento vi sono livelli diversi ad impronte, questi vanno distinti.
Naturalmente, a livello professionale la mappatura delle superfici con impronte viene oggi effettuata in modo obiettivo, utilizzando

**15 >** Fase di evidenziazione delle orme con il gesso prima della mappatura. Masso della località Ciol della Fratta A (Claut, Pordenone).

**16 >** Calco in gomma siliconica di un'orma tridattile di dinosauro teropode. Sito del campeggio Solaris vicino a Cervera/Črvar (Istria, Croazia).

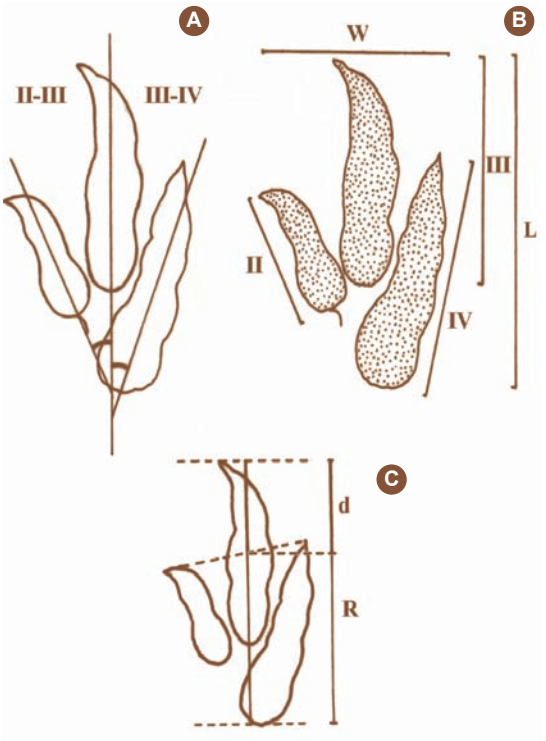
haben. Was Dinosaurierfährten angeht, kann man nur die Gesteinseinheiten in Betracht ziehen, die sich während der oberen Trias bis zur Oberkreide gebildet hatten; für die Tetrapoden im Allgemeinen in Gesteinsschichen ab dem Devon. In Gesteinen, die durch Sedimente entstanden, die sich in tiefen Meeren oder auf dem offenen Meer abgesetzt haben, wird man nie Abdrücke von terrestrischen Tetrapoden finden, die auf dem Festland verweilten. Im sogenannten *Flysch,* einer typischen Abfolge von dünnen gelb-bräunlichen Sandstein- und grau-grünen Mergelschichten (Abb. **5**), die in mehreren hundert Meter tiefen Meeresbecken abgelegt wurden, können sich keine Tetrapodenfährten befinden, auch wenn man dort zahlreiche Spuren von Invertebraten findet. Die angeblichen versteinerten Abdrücke von Tetrapoden, die im *Flysch* angezeigt wurden, wurden nicht von diesen Tieren hinterlassen, sondern entstanden vermutlich durch das Mitschleppen von Gegenständen, die von der Meeresströmung transportiert wurden. Die vielversprechendsten Gesteine sind diejenigen, die von feinen Sedimenten stammen, die am Rand von Flüssen oder Wasserspiegeln abgelagert wurden (Seeufer, Teiche, Lagunen, Ebbenbereiche, usw.; Abb. **14**).

3) Man muss genau wissen, was man sucht. Die Fährten reflektieren die Morphologie der Läufe, die nicht zufällig ist, sondern über ganz präzise Eigenschaften verfügt. Insbesondere muss man auf Symmetrien und Strukturwiederholungen achten. Auch die Ausstoßränder des Schlamms, die zumindest teilweise den Großteil der Fährten umgeben, haben diagnostische Bedeutung. Sie zeigen sich wie Gesteins-„kringel", die die durch die Fährte entstandene Absenkung umfassen. Falls die ursprüngliche Spur durch auf der Oberfläche der Schicht hervorgehobene Strukturen aufgefüllt wurde, erweisen sich die Ausstoßränder offensichtlich wie enge Absenkungen, die die Erhebung umgeben. Schließlich ist der endgültige Beweis zur Unterscheidung von echten Spuren von einfachen Gesteinslöchern, beim Fehlen einer klaren Morphologie, deren organisierte Anordnung in einem Geläuf, d. h. deren regelmäßige und geometrische Abfolge im Raum. In der Praxis bedeutet dies, zu überprüfen, ob die mutmaßlichen Fährten einer mehr oder weniger geraden Linie folgen und ob der Abstand dazwischen konstant ist. In den meisten Fällen sind die Hinweise auf nicht tridactyle Abdrücke tatsächlich nur Gesteinslöcher; die tridactylen Abdrücke sind im Allgemeinen am leichtesten zu erkennen.

4) Man muss optimale Beleuchtungsbedingungen haben, d. h. ausgerichtetes Licht (also sind wolkige Tage zu vermeiden) und Steiflicht. Das Licht ist an Tagen mit Wintersonne, aber auch im Sommer am frühen Morgen und bei Sonnenuntergang optimal. Natürlich muss man auch den Einfallswinkel des Lichts im Verhältnis zur Neigung der Gesteinsoberfläche in Betracht ziehen.

5) Man muss sich auf das konzentrieren, was man sucht und eine Gesamtübersicht bewahren. Wenn man keinen Überblick hat und sich auf einen beschränkten Bereich des Aufschlusses festlegt, riskiert man die Spurenorganisation der Fährten nicht zu erkennen.

un *laser scanner* o la fotogrammetria che forniscono una replica fedele della superficie e consentono di visualizzare la profondità delle orme.
Nei paesi dove è consentito liberamente (purtroppo, non è il caso dell'Italia), si possono eseguire calchi delle singole orme, come pure delle piste se le dimensioni lo consentono. A tal fine si può usare la plastilina (il prodotto denominato *Das* era un tempo molto usato per il costo relativamente contenuto ed il tempo di solidificazione moderatamente rapido), oppure il gesso da presa, il cemento bianco o lo stucco da vetri (che però impiega un tempo lunghissimo per solidificare). Il gesso è molto economico, ma sporca la superficie ed è difficile da estrarre una volta consolidato: per risolvere il secondo problema è necessario spalmare sull'orma un distaccante, vale a dire una sostanza che separi la roccia dal gesso ed eviti l'aderenza. Si deve disporre anche di una sottile tavola di compensato o plastica dove posare ad asciugare il calco e cassette ove riporlo durante il trasporto onde evitare che si fratturi o spezzi. Si ottiene un migliore risultato utilizzando apposite gomme siliconiche (Fig. **16**), sia liquide che plasmabili, ma il loro costo è piuttosto elevato; si deve inoltre porre molta attenzione alla quantità di catalizzatore da utilizzare e alla velocità di catalisi a seconda della temperatura della roccia per evitare una solidificazione troppo rapida o dilazionata di parecchie ore se non di giorni.
Le misurazioni che si possono effettuare sulle orme e sulle piste possono essere prese sulla mappa stessa; tuttavia, a meno di condizioni sfavorevoli ad una lunga permanenza nel sito, è preferibile prenderle direttamente *in situ*. Si annotano, quindi, sull'apposito libretto di campagna.

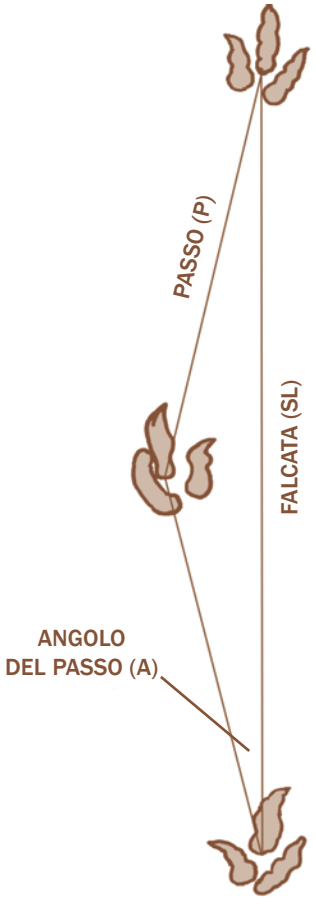



**17 >** Misure prese su di un'orma tridattile. A) divaricazione tra le dita (divaricazione totale = II-IV); B) dimensioni: L = lunghezza, W = larghezza, II-IV = lunghezza delle dita II-IV. C) proporzioni: d = lunghezza della parte del dito III che si proietta oltre quelle delle altre dita, R = lunghezza della parte posteriore dell'orma. Da Dalla Vecchia & Tarlao (2000).

Sulle singole orme si deve osservare: morfologia generale, gradia (se la zampa appoggiava sulle sole dita o anche sul palmo/pianta), numero e forma delle dita, assonia (qual è il dito più lungo: se è quello centrale l'orma è mesassonica, se è quello esterno è ectassonica, se è quello interno è entassonica), presenza e forma dell'impressione delle unghie, numero e dimensioni dell'impressione dei polpastrelli delle dita, curvatura e sinuosità dell'impronta digitale, forma dell'impronta del tallone, ecc. Si possono effettuare numerose misurazioni (Fig. **17**): la **lunghezza** (L), la **larghezza** (W),

la **profondità** (D), le lunghezze delle singole impronte delle dita (le dita sono indicate con i numeri romani: I, II, III, ecc.) e le lunghezze delle parti libere delle impronte delle dita (che a volte, ma non sempre possono coincidere), la loro larghezza e l'angolo formato dalle dita adiacenti (vi sono vari metodi per la misurazione dell'angolo formato dagli assi principali delle dita, si veda THULBORN, 1990; una volta sceltone uno bisogna seguire sempre lo stesso) e la **divaricazione totale** che è l'angolo tra le dita esterne (per esempio, nelle orme tridattili dei dinosauri teropodi si misura tra le impronte delle dita II e IV e corrisponde alla somma delle divaricazioni tra le dita II e III e III-IV (Fig. **17A**). La parte libera del dito è quella che inizia in corrispondenza del vertice dell'angolo formato dall'unione alla "base" di due impronte delle dita adiacenti, chiamato *hypex*. In casi specifici, si possono effettuare ulteriori misurazioni: per esempio, nelle orme tridattili si può misurare la lunghezza della parte del dito III che si proietta in avanti oltre quella delle dita II e IV (d) e la lunghezza della parte posteriore dell'orma (R) (Fig. **17C**). Queste misurazioni sono utilizzate per l'identificazione del *trackmaker* e, per quanto riguarda L, le stime delle sue dimensioni, andatura e velocità. Inoltre si misura sempre la direzione dell'orma rispetto al nord servendosi della bussola.

Anche sulle piste si effettuano misurazioni che sono essenziali per capire come si spostava il *trackmaker* e comprendere la sua identità e le sue caratteristiche morfologiche. La più importante è probabilmente la **falcata** o passo doppio (SL, dall'inglese *stride length*; Fig. **18**), vale a dire la distanza tra due punti omologhi di due orme consecutive impresse dalla stessa zampa. Il **passo** o passo obliquo (P) è la distanza tra due punti omologhi di due orme consecutive (zampa destra-sinistra o sinistra-destra; Fig. **18**). L'**angolo del passo** (A) è l'angolo formato da tre orme consecutive (Fig. **18**). La **rotazione** dell'orma è l'angolo che il suo asse antero-posteriore forma con la linea mediana della pista (la linea mediana è il luogo dei punti equidistanti dai margini interni delle orme; Fig. **19A**): se l'orma è diretta verso l'esterno la rotazione è definita negativa, se invece punta verso l'interno è positiva. La **larghezza** della pista può essere interna o esterna; nel primo caso si misura come distanza tra i margini interni di un'impronta destra e di una sinistra, nel secondo caso come distanza tra i margini esterni sem-

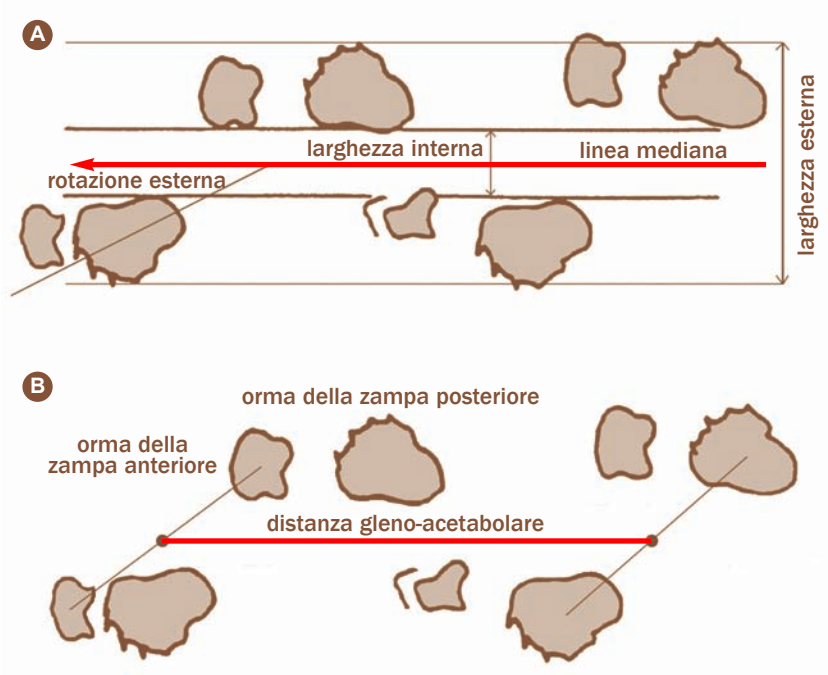



**18 >** Parametri di una pista bipede (dinosauro teropode).

**Methodologie und Interpretation der Daten**
Wenn man einen mutmaßlichen Abdruck gefunden hat, muss man sich zunächst davon überzeugen, ob er Teil einer Fährte ist. Nur so können wir, wie oben erwähnt, behaupten, dass es sich um eine Fährte und nicht um die Auswirkung von Erosionsphänomenen oder anderen Ursachen handelt.
Wenn man die gemachte Entdeckung dokumentieren möchte, so muss man einige einfache Vorgehensweisen befolgen. Zunächst ist es notwendig, den GPS-Punkt zu erheben oder ihn präzise auf der topographischen Karte einzuzeichnen. Danach muss man mit Kreide die Umrisse der Fährte, des Ausstoßrandes und anderer, eventuell vorhandener Strukturen als Abdrücke der Ballen, Spuren der Krallen, usw. hervorheben (Abb. **15**). Dies ändert das Fossil nicht. Schließlich erstellt man die Fotodokumentation, sowohl vor, als auch nach der Hervorhebung mit Kreide. Man legt eine Zentimeterskala oder irgendeinen Gegenstand neben das Fundstück, das als Skala dienen kann und fotografiert dies so, dass die Objektivachse senkrecht zum Abdruck ist, so dass man ein nicht deformiertes Bild der Ansicht erhält: Für die Dokumentation der einzelnen Fährten muss man folglich immer ein 50 mm-Objektiv verwenden.
Wenn es sich um eine weitläufige Oberfläche handelt, die zahlreiche Abdrücke konserviert, soll man sie, wenn nötig und wenn man über die notwendige Ausrüstung verfügt, vom Geröll reinigen, um die Ichnofossilien bestens hervorzuheben und ihre Raumverhältnisse identifizieren zu können.
Wenn man bei der Dokumentation weiter wissenschaftlich vorgehen will, kann man alle Fährten in einer Karte aufzeichnen und sie hierzu auf einer Unterlage (normalerweise einem Blatt aus transparentem Plastikmaterial) ihren Umriss und die Anordnung im Raum reproduzieren. Die für die Aufzeichnung notwendige Ausrüstung besteht aus einem Besen, Pinseln, einem Geologenhammer, Kellen und Schaufeln zur Entfernung des gesamten Gerölls, einem durchsichtigen Kunststofftuch (Polyethylen), weißer und farbiger Kreide, einigen nicht löschbaren Filzstiften und einem Geologenkompass.
Nachdem mit Kreide die verschiedenen sichtbaren Details umrissen wurden, legt man auf der Oberfläche ein oder mehrere durchsichtige Tücher aus (je nach den Abmessungen der aufzuzeichnenden Oberfläche) und zieht mit einem nicht löschbaren Filzstift alle Umrisse und Details nach, die für die nachfolgende Aufarbeitung und Messung nützlich sein können.
Mit einem Kompass zeigt man die Nord-Ausrichtung und, wenn es sich um einen Geologenkompass handelt, die Richtung und Neigung der Schichtoberfläche an, die die Abdrücke enthält. Wenn beim Aufschluss verschiedene Ebenen mit Abdrücken auftauchen, so müssen diese unterschieden werden.
Natürlich erfolgt die Kartierung der Oberflächen mit Abdrücken auf professioneller Ebene heute in objektiver Weise. Hierzu werden ein *Laserscanner* oder die Fotogrammetrie verwendet, die eine getreue Reproduktion der Oberfläche liefern und mit denen man die Tiefe der Fährten anzeigen kann.
In Ländern, wo dies frei erlaubt ist (leider ist dies in Italien nicht der Fall), kann man Abdrücke von den einzelnen Fährten (Abb. **16**), wie auch den Geläufen nehmen, wenn dies die Abmessungen erlauben. Die Messungen, die man an den Fährten und Spuren durchführen kann, können auf der Karte selbst übernommen werden. Es ist allerdings empfehlenswert, wenn keine ungünstigen Bedingungen für einen langen Aufenthalt am Fundort vorliegen, diese direkt *vor Ort* vorzunehmen. Danach werden sie im Feldbuch verzeichnet.
Bei den Einzelfährten muss man beobachten: Die allgemeine Morphologie, Hand-, Fußhaltung (ob sich der Lauf nur auf den Zehen oder auch auf der Handfläche/Sohle aufstützte), Anzahl und Form der Zehen, Axonie (welche Zehe ist am längsten: Wenn die Mittlere die Längste ist, so ist die Fährte mesaxonisch, wenn es die äußere ist, spricht man von ectaxonisch, wenn die Innere die Längste ist, ist sie entaxonisch), Vorhandensein und Form des Krallenabdrucks, Anzahl und Masse der Zehenkuppenabdrücke, Krümmung Sinuosität der Zehenabdrücke, Form des Fersenabdrucks, usw. Man kann zahlreiche Messungen vornehmen (Abb. **17**): die **Länge** (L), **Breite** (W), **Tiefe** (D), die Längen der einzelnen Zehenabdrücke (die Zehen werden mit den römischen Zahlen I, II, III, usw. angegeben) und die Längen der freien Teile der Zehenabdrücke (die manchmal, aber nicht immer miteinander übereinstimmen können), ihre Breite und der Winkel, der von den angrenzenden Zehen gebildet wird (es gibt verschiedene Messmethoden des Winkels, der von den Hauptachsen der Zehen gebildet wird, siehe Thulborn, 1990), sowie die **Gesamtspreizung**, die der Winkel ist, der zwischen

Außenzehen (zum Beispiel misst man bei tridactylen Fährten von Dinosauriern zwischen den Abdrücken der Zehe II und IV und dies entspricht der Summe der Spreizungen zwischen den Zehen II und III und III-IV (Abb. **17A**). Der freie Teil der Zehe ist der, der in Übereinstimmung mit dem Scheitelpunkt des Winkels beginnt, der aus der „Basis"-verbindung zweier Abdrücke nebeneinander liegender Zehen gebildet wird, der *Hypex* genannt wird. In spezifischen Fällen kann man weitere Messungen vornehmen: Zum Beispiel, bei tridactylen Fährten kann man die Länge des Zehenteils III messen, der über die Zehenlänge II und IV (d) hinausgeht, sowie die Länge des hinteren Teils der Fährte (R) (Abb. **17**). Diese Messungen werden zur Identifizierung des *trackmaker*s (Fährtenerzeugers) verwendet und was „L" angeht, zur Abschätzung der Masse, Gangart und Geschwindigkeit. Außerdem misst man immer die Fährtenrichtung in Bezug auf die Nordausrichtung mit dem Kompass.
Auch auf den Spuren werden Messungen vorgenommen, die für das Verständnis der Bewegung des *trackmakers* und zur Identifizierung seiner Identität und seiner morphologischen Eigenschaften wesentlich sind. Wahrscheinlich ist der **Sprung** oder Doppelschritt (SL aus dem Englischen *stride length*; Abb. **18**) am Wichtigsten, d. h. der Abstand zwischen zwei homologen Punkten von zwei nacheinander folgenden Spuren, die vom gleichen Lauf eingedrückt wurden. Der **Schritt** oder Rechts-Links-Schritt (P) ist der Abstand zwischen zwei homologen Punkten von zwei nacheinander folgenden Spuren (Lauf rechts-links oder links-rechts; Abb. **18**). Der **Schrittwinkel** (A) ist der Winkel, der aus drei nacheinander folgenden Spuren gebildet wird (Abb. **18**). Die **Rotation** der Spur ist der Winkel, den seine Vorder-Rückachse mit der Mittellinie der Spur bildet (die Mittellinie ist der Ort, der von den Innenrändern der Spuren gleich weit entfernten Punkte; Abb. **19A**): Wenn die Spur direkt nach außen geht, ist die Rotation negativ, wenn sie dagegen nach innen neigt, ist sie positiv. Die **Breite** der Spur kann intern oder extern sein: Im ersten Fall misst man den Abstand zwischen den inneren Rändern eines rechten und eines linken Abdrucks. Im zweiten Fall nimmt man den Abstand zwischen den äußeren Rändern (Abb. **19A**). Bei den Spuren, die Vierbeiner hinterlassen, werden die vom Vorder- und Hinterlauf als zwei getrennte Spuren betrachtet. Folglich wird die Spurbreite von beiden gemessen. Natürlich muss man immer die Richtung und Ausrichtung der Spur berücksichtigen.
Auf Basis der Messungen kann man Verhältnisse berechnen oder Daten in Gleichungen einfügen, die Schätzungen möglich machen.
Ein wichtiger Wert ist die Schätzung der **Hüfthöhe** (h). Dieser Parameter definiert die Masse des *trackmaker*s und wird für die Berechnung weiterer Parameter verwendet. Es handelt sich um den vertikalen Abstand zwischen dem Teil des Hinterlaufs, der auf dem Substrat aufgestützt ist und der Hüftpfanne (des Hüftbereichs, in dem der Hüftkopf gebeugt wird). Hierbei handelt es sich um einen nicht leicht bestimmbaren Wert, weil es verschiedene Methoden gibt, um ihn zu schätzen, die zu verschiedenen Ergebnissen führen. Der einfachste ist der von Alexander (1976), der darin besteht, die Länge der Abdrücke der Hinterläufe mit vier zu multiplizieren, also **h = 4L**. Dies ist sicher eine leicht anwendbare Formel. Sie gibt allerdings nur Näherungswerte an, weil das Verhältnis h/L je nach Spezies oder Gattung bedeutende interne Variationen aufweist und während der Wachstumsphasen eines gleichen Individuums (manchmal sind die Läufe bei noch im Wachstum befindlichen Tieren im Verhältnis größer als beim Erwachsenen) variieren könnte. Dies führt zu Überschätzungen bei Jungtieren und Unterschätzungen bei Erwachsenen. Diese Formel ist allerdings nützlich, um sich eine unmittelbare Vorstellung von der Größenordnung des Tiers zu machen, dessen Spuren man gefunden hat. Deshalb wird sie normalerweise vor Ort für erste Einschätzungen verwendet. Diese Methode findet heute noch große Anwendung bei der Einschätzung von vierbeinigen Tetrapoden. Was Dinosaurier angeht, so gibt es eine genauere Schätzung für zweibeinige Formen mit spezifischen Formeln für den jeweiligen Dinosauriertyp, der vermutlich die Fährten hinterlassen hat.
Auf **morphometrischen Beziehungen** basierende Schätzungen erhält man durch die Analyse der osteometrischen Daten, d. h. durch die Messung der Lauflänge und der entsprechenden Höhe h der Hüfte der Skelette verschiedenen Dinosauriergruppen (Thulborn, 1989).
Insbesondere:

Für kleine Theropoden (geringere L als 25 cm): h ~ 4,5L
für große Theropoden (größere L als 25 cm): h ~ 4,9L
für kleine Ornithopoda (geringere L als 25 cm): h ~ 4,8L




**19 >** Parametri di una pista quadrupede (dinosauro sauropode).

pre di un'impronta destra e di una sinistra (Fig. **19A**). Nelle piste lasciate da animali quadrupedi, le orme della zampa anteriore e posteriore sono considerate come se formassero due piste distinte, quindi si misurerà la larghezza della pista di entrambe.

Naturalmente, si deve sempre prendere nota della direzione e del verso della pista.

Sulla base delle misurazioni si possono calcolare dei rapporti o inserire i dati in equazioni che permettono di effettuare delle stime.

Un valore importante da ottenere è la stima dell'**altezza all'anca** (h) dell'animale, il parametro che definisce le dimensioni del *trackmaker* ed è utilizzato per il calcolo di ulteriori parametri. È la distanza verticale tra la parte della zampa posteriore appoggiata al substrato e l'acetabolo (la zona delle pelvi in cui è articolata la testa del femore). Si tratta di un valore di non semplice determinazione in quanto esistono vari metodi per stimarlo che portano a risultati diversi. Il più elementare è quello proposto da Alexander (1976) che consiste nel moltiplicare per quattro la lunghezza dell'impronta della zampa posteriore, quindi **h= 4L**. Si tratta sicuramente di una formula facile da applicare, ma del tutto approssimativa, perchè il rapporto h/L presenta una notevole variabilità interna alla stessa entità tassonomica (specie, genere, ecc.) e potrebbe variare durante le fasi di crescita di uno stesso individuo (a volte nell'animale ancora in crescita le zampe sono relativamente più grandi che nell'adulto) portando a sovrastime nei giovani e a sottostime negli adulti. È tuttavia utile per farsi un'idea immediata dell'ordine di grandezza dell'animale di cui si sono trovate le tracce; per questo è di solito utilizzato in campagna per le prime stime. Tale metodo è ancora uno dei più utilizzati per la stima delle dimensioni dei tetrapodi quadrupedi.

Per quanto riguarda i dinosauri - il gruppo di tetrapodi su cui più si è focalizzata l'attenzione dei paleoicnologi - una stima più sofistica-

ta per le forme bipedi è data da formule specifiche al tipo di dinosauro che si suppone abbia lasciato le orme.

Quelle basate sui **rapporti morfometrici** si ottengono dall'analisi dei dati osteometrici, vale a dire dalla misurazione della lunghezza della zampa e della relativa altezza h all'anca negli scheletri dei vari gruppi sistematici di dinosauri (THULBORN, 1989). In particolare:

per i piccoli teropodi (L minore di 25 cm): $h \sim 4{,}5L$

per i grandi teropodi (L maggiore di 25 cm): $h \sim 4{,}9L$

per i piccoli ornitopodi (L minore di 25 cm): $h \sim 4{,}8L$

per i grandi ornitopodi (L maggiore di 25 cm): $h \sim 5{,}9L$

per i piccoli dinosauri bipedi in generale (L minore di 25 cm): $h \sim 4{,}6L$

per i grandi dinosauri bipedi in generale (L maggiore di 25 cm ): $h \sim 5{,}7L$

Le **equazioni allometriche** di THULBORN (1989) sono più sofisticate, poichè tengono conto del fatto che dinosauri appartenenti allo stesso gruppo sistematico presentavano probabilmente proporzioni diverse nell'arto posteriore a seconda dell'età e delle dimensioni:

per i piccoli teropodi (L minore di 25 cm): $h \sim 3{,}06L^{1,14}$

per i grandi teropodi (L maggiore di 25 cm): $h \sim 8{,}60L^{0,85}$

per i teropodi in generale: $h \sim 3{,}14L^{1,14}$

per i piccoli ornitopodi (L minore di 25 cm): $h \sim 3{,}97L^{1,08}$

per i grandi ornitopodi (L maggiore di 25 cm): $h \sim 5{,}06L^{1,07}$

per gli ornitopodi in generale: $h \sim 3{,}76L^{1,16}$

Il calcolo si può facilmente effettuare con una comune calcolatrice scientifica tascabile. Si tratta, comunque, di approssimazioni perchè nella definizione delle equazioni allometriche è stata utilizzata la lunghezza del metatarso come approssimazione di L e per h la somma delle lunghezze di femore, tibia e metatarso (ponendo h in ordinata e la lunghezza del metatarso in ascissa, sono stati inserite le misure provenienti da individui di diversa età e dimensione ed è stata calcolata l'equazione della retta di regressione che approssima al meglio i dati).

Un altro parametro che fornisce indicazioni sulle dimensioni del *trackmaker*, in particolare della lunghezza del suo tronco, è la **distanza gleno-acetabulare**, vale a dire la distanza tra l'articolazione dell'arto anteriore nel cinto scapolare e quella dell'arto posteriore nel bacino. Si misura - ovviamente in piste di animali quadrupedi - tra il punto medio della congiungente una coppia di orme della zampa posteriore (destra-sinistra o sinistra-destra) e il punto medio della congiungente la coppia seguente di orme della zampa anteriore (Fig. **19B**). Attenzione, però, che questa misura è solo indicativa, perchè può variare a seconda dall'andatura del *trackmaker*.

Il tipo di **andatura** dell'animale che ha lasciato una pista si riconosce mediante il semplice rapporto tra la lunghezza della sua falcata e l'altezza all'anca stimata (**SL/h**):

Cammino: SL/h minore di 2,0

"Trotto": SL/h da 2,0 a 2,9

Corsa: SL/h maggiore di 2,9

Infatti, è intuitivo che più un animale si sposta velocemente, più il passo e la falcata saranno lunghi; naturalmente il passo di un uomo e quello di una gallina hanno lunghezze diverse e il passo di un uomo che cammina è molto più lungo di quello di una gallina che corre. Per questo si utilizza il rapporto tra la lunghezza del passo e l'altezza all'anca che è proporzionale alle dimensioni dell'autore.

La maggior parte delle piste di dinosauro furono prodotte da animali che si spostavano al passo, quindi camminando; la corsa sembra essere stata un'alternativa poco usata. Ciò non significa che i dinosauri non potessero correre. In realtà, nel terreno in cui le orme avevano la possibilità di essere impresse e fossilizzarsi - fangoso o ricoperto d'acqua - la corsa era un sistema di spostamento poco efficiente, difficile e pericoloso a causa dello sprofondamento e della possibilità di scivolamenti.
L'equazione di ALEXANDER (1976) per la stima della **velocità assoluta** basata sulle piste dei dinosauri (soprattutto nel caso in cui SL/h è minore di 2,0) è la seguente:

$$V = 0{,}25 \times g^{0{,}5} \times SL^{1{,}67} \times h^{-1{,}17}$$

in cui g è l'accelerazione di gravità (9,8 m/sec), SL è la falcata e h è l'altezza all'anca.

Le orme fossili possono fornire molte altre informazioni.
Dall'orientazione preferenziale delle piste, unita a quella di altre strutture sedimentarie come, per esempio, le increspature da onda (spesso menzionate nei libri con il termine inglese di *ripple marks*), si può ricostruire la direzione dell'antica linea di costa o ipotizzare la presenza di barriere, ostacoli e corridoi preferenziali. Le direzioni preferenziali di spostamento e i comportamenti simili possono indicare abitudini gregarie degli animali che hanno prodotto le piste. Dalla stima dell'altezza di un dinosauro, basata sulla lunghezza delle sue orme e dalla sua struttura scheletrica e postura, si può risalire alla profondità massima dello strato d'acqua che poteva ricoprire la zona al momento del suo

für große Ornithopoda (größere L als 25 cm): h ~ 5,9L
für die kleinen zweifüßigen Dinosaurier im Allgemeinen (geringere L als 25 cm): h ~ 4,6L
für die großen zweifüßigen Dinosaurier im Allgemeinen (größere L als 25 cm ): h ~ 5,7L

Die **allometrischen Gleichungen** von THULBORN (1989) sind genauer, weil sie berücksichtigen, dass Dinosaurier, die der gleichen systematischen Gruppe angehören, vermutlich je nach Alter und Abmessungen unterschiedliche Proportionen beim Hinterlauf aufwiesen:

Für kleine Theropoden (geringere L als 25 cm): h ~ $3{,}06L^{1{,}14}$
für die großen Theropoden (größere L als 25 cm): h ~ $8{,}60L^{0{,}85}$
für die Theropoden im Allgemeinen: h ~ $3{,}14L^{1{,}14}$
für die kleinen Ornithopoda (geringere L als 25 cm): h ~ $3{,}97L^{1{,}08}$
für die großen Ornithopoda (größere L als 25 cm): h ~ $5{,}06L^{1{,}07}$
für die Ornithopoda im Allgemeinen: h ~ $3{,}76L^{1{,}16}$

Es handelt sich in jedem Fall um Annäherungen, weil bei der Definition der allometrischen Gleichungen die Länge des Mittelfußes als Annäherung L und für h die Summe der Längen von Oberschenkel, Schienbein und Mittelfuß verwendet wurde.
Ein weiterer Parameter, der Hinweise auf die Masse des *trackmakers*, insbesondere der Rumpflänge liefert, ist der **Abstand zwischen Schulter- und Hüftgelenk**, d. h. der Abstand zwischen dem Vordergelenk im Schultergürtel und dessen des Hintergelenkes im Becken. Man misst zwischen dem Mittelpunkt der Verbindung einer Fährtenspur des Hinterlaufs (rechts-links oder links-rechts) und dem Mittelpunkt der Verbindung des Paars nach der Spur des Vorderlaufs (Abb. **19B**).
Allerdings Achtung: Dieses Maß hat nur Hinweischarakter, weil es je nach Gangart des *trackmakers* variieren kann.
Die **Gangart** des Tieres, das eine Spur hinterlassen hat, erkennt man durch das einfache Verhältnis zwischen seiner Sprunglänge und der geschätzten Hüfthöhe **(SL/h)**:

Schritt: SL/h kleiner als 2,0
„Trab": SL/h von 2,0 bis 2,9
Lauf: SL/h größer als 2,9

Tatsächlich ist offensichtlich, dass der Schritt und Sprung eines Tieres länger wird, je schneller es sich fortbewegt. Natürlich haben ein Mensch und ein Huhn unterschiedliche Schrittlängen und der Schritt eines gehenden Menschen ist viel länger als der eines laufenden Huhns. Deshalb verwendet

**20 >** Pista di dinosauro nei Calcari Grigi (Giurassico inferiore) dei Lavini di Marco (Rovereto, Trento), Formazione considerata di origine prettamente marina prima della scoperta di centinaia di orme di dinosauro.

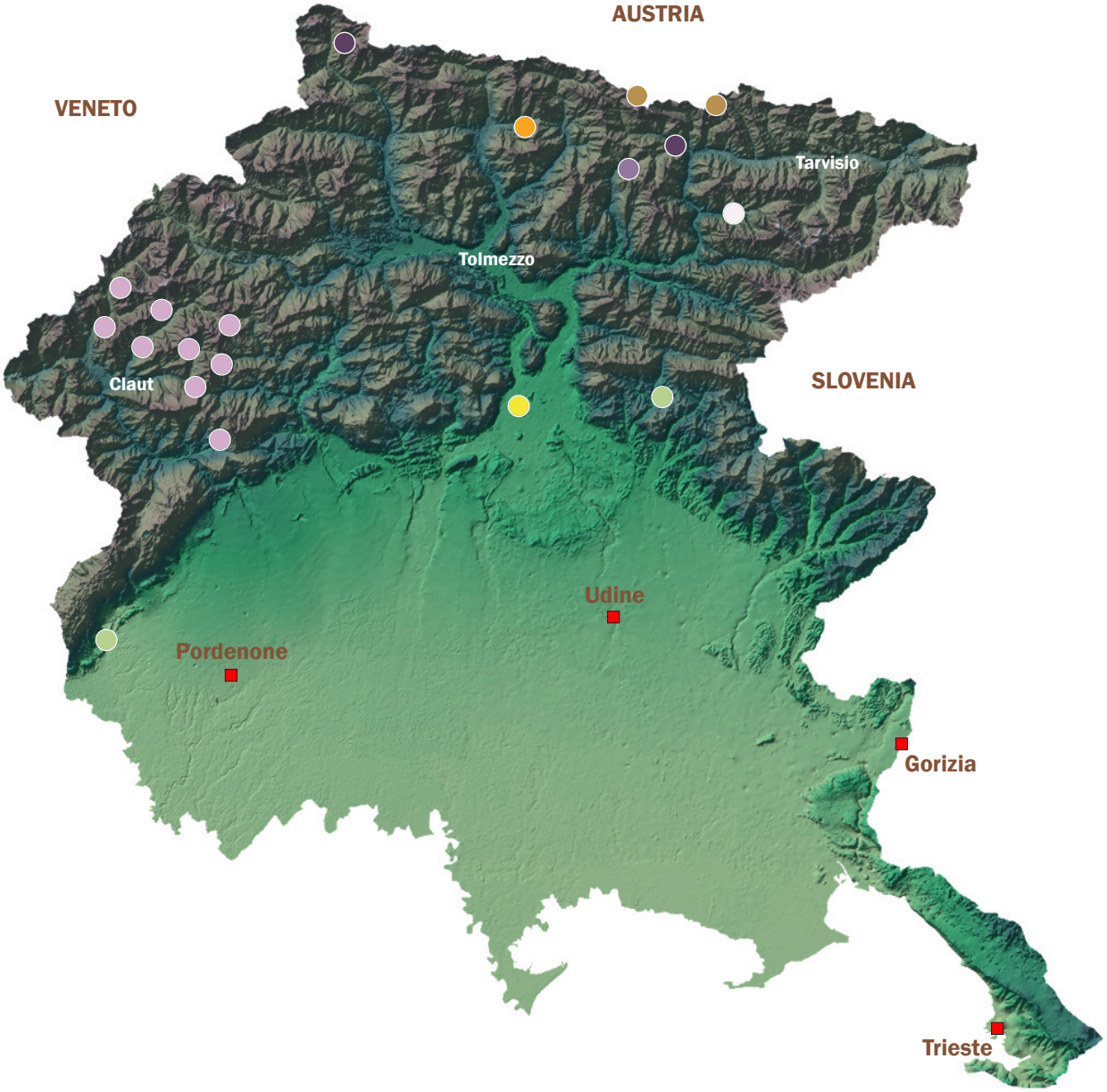
man das Verhältnis zwischen der Schrittlänge und der Hüfthöhe, die zu den Abmessungen des Fährtenerzeugers proportional ist.
Der Großteil der Dinosaurierspuren stammt von Tieren, die sich im Schritt fortbewegten, d. h. gehend. Das Laufen schien eine wenig benutzte Alternative zu sein. Das bedeutet nicht, dass die Dinosaurier nicht laufen konnten. In Wirklichkeit war das Laufen in einem schlammigen oder von Wasser bedecktem Gebiet, in dem die Fährten eingedrückt werden und versteinern konnten, ein wenig wirksames Fortbewegungssystem, das wegen des Einsinkens und des Rutschrisikos schwierig und gefährlich war.
Die Gleichung von Alexander (1976) für die Schätzung der **absoluten Geschwindigkeit**, die auf den Dinosaurierspuren basiert, ist (vor allem im Fall, in dem SL/h kleiner als 2,0 ist) folgende:

$$V = 0{,}25 \times g^{0{,}5} \times SL^{1{,}67} \times h^{-1{,}17}$$

wobei g die Erdbeschleunigung (9,8 m/Sek.),

passaggio. Dalle relazioni tra orme di diversi autori ed altre strutture sedimentarie, come per esempio i poligoni di disseccamento del fango (*mud cracks*), si può ricostruire l'ordine di transito degli autori.
Dall'associazione di orme e dalla frequenza delle varie forme si possono trarre considerazioni ecologiche e sulla struttura delle popolazioni. Talvolta le piste indicano comportamenti particolari dei singoli individui, come soste, balzi, deviazioni per evitare ostacoli, oppure la presenza di patologie come è il caso degli animali zoppicanti.
L'intenso calpestio degli animali al margine di specchi d'acqua altera localmente la sedimentazione in modo estremo, portando ad un totale rimescolamento. Questo "disturbo" del sedimento originario è riconoscibile nei corpi rocciosi anche se non si riesce ad identificare alcuna singola orma; nel caso della sua produzione da parte di dinosauri è stato denominato "dinoturbazione" (*dinoturbation*).
In molti casi le orme sono tutto ciò che intere popolazioni di vertebrati terrestri hanno lasciato a testimonianza della loro presenza in una data regione. Si prenda come esempio la regione alpina dell'Italia nordorientale. Nessun osso di dinosauro vi è mai stato rinvenuto, le rocce testimoniano per lo più antichi ambienti marini e quindi si riteneva che i dinosauri non avessero mai popolato la zona. Ma a partire dai primi anni '80 del secolo scorso si è incominciato a scoprire le loro orme in diverse località e in differenti livelli geologici, cosa che prova al di là di ogni dubbio la loro presenza nella regione (Fig. **20**).

SL der Sprung und h die Hüfthöhe ist.
Fossilienfährten können viele weitere Informationen liefern.
Durch die Vorzugsausrichtung der Spuren, kann man, gemeinsam mit weiteren Sedimentstrukturen, zum Beispiel den Kräuselungen der Wellen (im Englischen *ripple marks*), die Richtung der antiken Küstenlinie rekonstruieren oder das Vorhandensein von Barrieren, Hindernissen und Vorzugslaufschneisen vermuten. Die Vorzugsbewegungsrichtungen und ähnliche Verhaltensweisen können Herdengewohnheiten der Tiere anzeigen, die die Spuren geschaffen haben. Aus der Schätzung der Höhe eines Dinosauriers, basierend auf der Länge seiner Fährten und seiner Skelettstruktur und Haltung kann man Rückschlüsse über die Höchsttiefe der Wasserschicht ziehen, die das Gebiet im Augenblick seines Durchgangs bedeckte. Aus dem Verhältnis zwischen Fährten von verschiedenen Autoren und anderen Sedimentstrukturen, wie zum Beispiel den Polygonen von ausgetrocknetem Schlamm (*mud cracks*), kann man die Durchgangsreihenfolge der *track maker* rekonstruieren.
Aus der Zuordnung von Fährten und der Häufigkeit der verschiedenen Formen kann man Betrachtungen über Ökologie und Struktur der Bevölkerungen ziehen. Manchmal zeigen die Spuren besondere Verhaltensweisen der einzelnen Tiere an, wie Aufenthalte, Sprünge und Ausweichmanöver, um Hindernissen zu entgehen. Oder sie können auch auf Pathologien hinweisen, wie dies bei hinkenden Tieren der Fall ist.
Das Getrampel der Tiere am Rand von Wasserspiegeln ändert die Sedimentierung lokal auf extreme Weise, so dass es zu einer vollständigen Neumischung kommt. Diese „Störung" des Ursprungssediments ist an den Gesteinskörpern erkennbar, auch wenn man keine einzige Einzelspur identifizieren kann. Wenn diese von Dinosauriern geschaffen wurden, spricht man von *Dinoturbation*.
In vielen Fällen sind die Fährten das die einzigen Zeugen der Landwirbeltiere. Man nehme die Alpenregion von Nordostitalien als Beispiel. Dort wurde nie ein Dinosaurierknochen gefunden. Die Gesteine zeugen in der Mehrzahl von antiken Meeresräumen. Folglich dachte man, dass Dinosaurier diese Gegend nie bewohnt hätten. Aber seit Beginn der'80er-Jahre des letzten Jahrhunderts, hat man erste Entdeckungen ihrer Fährten an verschiedenen Orten auf verschiedenen geologischen Ebenen gemacht. Dies beweist zweifelsfrei ihre Präsenz in dieser Region (Abb. **20**).




- Miocene inferiore
- Cretaceo inferiore
- Triassico superiore - Norico
- Triassico superiore - Carnico
- Triassico medio - Anisico
- Triassico inferiore
- Permiano
- Permo-Carbonifero

# LE ORME FOSSILI DELLA CARNIA E AREE CONTERMINI

Le orme fossili di tetrapodi della Carnia e delle altre zone del Friuli hanno una distribuzione temporale che spazia dalla fine del periodo Carbonifero (circa 300 milioni di anni fa) alla fine del piano Miocene o al Pliocene (circa 5,5-3 milioni di anni fa), con una particolare abbondanza nel Norico/Retico (circa 228-201 milioni di anni fa) (Fig. **3**). Sono state rinvenute soprattutto nelle Alpi e Prealpi Carniche e nelle Alpi Giulie, in particolare nelle cosiddette Dolomiti Friulane (Prealpi Carniche) (Fig. **21**).

## PALEOZOICO (541-252,6 milioni di anni fa)

### Permo-Carbonifero (circa 305-295 milioni di anni fa)

Le più antiche orme fossili di vertebrati del Friuli provengono dall'imponente successione rocciosa permo-carbonifera che affiora lungo la Catena Carnica al confine con l'Austria ed è particolarmente sviluppata e fossilifera nel Pontebbano.

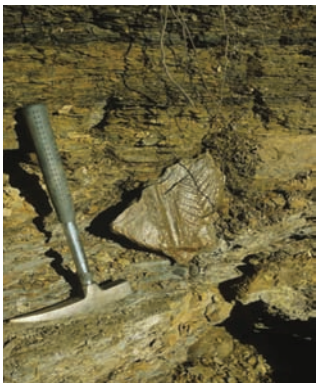
*Inquadramento geologico-stratigrafico*

Le due sole impronte fossili rinvenute finora nelle rocce permo-carbonifere delle Alpi Carniche provengono dai depositi misti continentali-marini del Gruppo di Pramollo, costituito - in ordine stratigrafico - dalle Formazioni di Meledis, Pizzul, Corona, Auernig e Carnizza. In particolare, secondo la fonte bibliografica (Mietto et al., 1986), le orme sono state trovate entrambe nella Formazione del Corona (Carbonifero superiore, Gzheliano E). Questa Formazione, spessa fino a quasi 300 m, è costituita da banchi di tenaci conglomerati quarzosi potenti da due a 35 metri (Fig. **22**) intercalati ad arenarie e peliti. I conglomerati rappresentano i riempimenti grossolani dei canali distributori in ambiente deltizio, costituiti da ghiaie e ciottoli. Le arenarie fini sono talvolte ricche di resti fossili di piante continentali (Fig. **22**). In taluni casi accumuli di questi vegetali hanno originato sottili livelli di carbone.

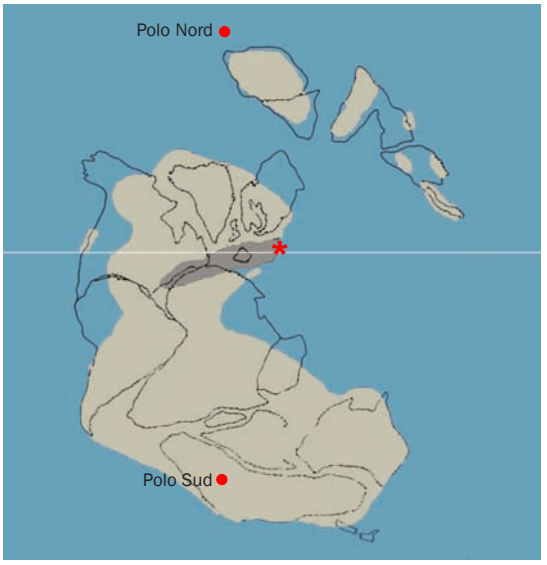
**21 >** Mappa delle località in cui sono state rinvenute orme fossili di vertebrati in Friuli Venezia Giulia.

*Paleogeografia*

Nel Carbonifero superiore la zona Carnico-Tarvisiana si trovava in una posizione molto prossima all'Equatore (si stima 4°N; Fig. **23**) e il clima era caldo



**22 >** I banconi conglomeratici della Formazione del Corona nel monte omonimo, ad Est di Passo Pramollo (Pontebba); a destra le arenarie e peliti che contengono le flore fossili.




**23 >** Paleogeografia del mondo alla fine del Carbonifero superiore, con evidenziata la Catena Paleocarnica e la Carnia (asterisco).

**24 >** Ricostruzione del Friuli settentrionale da Forni Avoltri al Tarvisiano alla fine del Carbonifero.

e umido. A livello globale, lo scontro tra le placche continentali aveva causato l'orogenesi Ercinica, con la formazione di catene montuose in Europa (Massiccio Centrale, Vosgi, Foresta Nera, Urali, ecc.), Asia (Altaj, Tien Shan, ecc.) e Nord America (Appalachi) e la fusione di tutti i continenti in un unico megacontinente, il Pangea. In Carnia, durante il Carbonifero superiore si era innalzata una catena montuosa denominata Catena Paleocarnica che era stata soggetta a rapida erosione. Alla fine del Periodo consisteva in rilievi relativamente bassi non molto lontani dal mare che si trovava a sud-est. Due valli fluviali, ampie 5-15 km e separate tra loro dai bassi rilievi ercinici, scendevano verso il mare dalle montagne settentrionali - più alte - attraversando, rispettivamente, la zona di Forni Avoltri e quella del Pontebbano, terminando la loro corsa con dei delta (Fig. **24**). Innalzamenti del livello marino dell'ordine dei metri, probabilmente collegati allo scioglimento parziale e temporaneo di ghiaccio ai poli, portavano all'arretramento della linea di costa, mentre la riformazione dei ghiacciai e i sollevamenti dovuti al movimento delle placche la facevano avanzare a discapito del mare. È per questo motivo che nella successione permocarbonifera della Carnia e del Pontebbano tro-

**FOSSILE FÄHRTEN VON KARNIEN UND DEN BENACHBARTEN GEBIETEN**

Die fossilen Fährten der Tetrapoden von Karnien und den anderen Gebieten des Friaul reichen vom Ende der Periode der Karbonzeit (vor circa 300 Millionen Jahren) bis zum Ende des Miozän oder dem Beginn des frühen Pliozän (vor circa 5,5-5 Millionen Jahren) und sind besonders reichhaltig im Norium/Rhaetium (vor circa 228-201 Millionen Jahren) (Abb. **3**). Sie wurden vor allen Dingen in den Karnischen Alpen, den Voralpen und in den Julischen Alpen gefunden, insbesondere in den sogenannten Friauler Dolomiten (Karnische Voralpen) (Abb. **21**).

**PALÄOZOIKUM (vor 541-252,6 Millionen Jahren) Perm-Karbonzeit (vor circa 305-295 Millionen Jahren)**

Die ältesten fossilen Fährten von Wirbeltieren des Friaul stammen aus der imposanten Gesteinsabfolge aus der Karbon- und Permzeit, die entlang der Karnischen Kette an der Grenze zu Österreich zutage kommt und im Gebiet von Pontebba besonders entwickelt und von Fossilien durchsetzt ist.

***Geologisch-stratigrafische Einordnung***

Die zwei einzigen versteinerten Abdrücke, die bisher in den Gesteinen der Karnischen Alpen im Permokarbon gefunden wurden, hatten sich in den gemischten kontinental-marinen Ablagerungen der Pramollo-Gruppe erhalten, die, in stratigrafischer Reihenfolge, aus der Meledis Formation, Pizzul Formation, Corona Formation, Auernig Formation und der Carnizza Formation bestehen. Der Literatur nach (Mietto et al., 1986) stammen beiden Spuren aus der Corona Formation (Oberkarbon, Gzheliano E). Diese Formation, die oft fast bis zu 300 m mächtig ist, besteht aus Bänken von Quarzkonglomeraten mit Mächtigkeiten von 2 bis 35 Metern (Abb. **22**), die sich mit Sandsteinen und Tonsteinen abwechseln. Die Konglomerate sind grobe Füllmaterialien der Kanalverteiler eines Deltas, die von Schotter und Kies gebildet werden. Die feinen Sandsteine weisen manchmal zahlreiche Fossilienreste von Landpflanzen auf (Abb. **22**). In bestimmten Fällen haben Anhäufungen dieser Pflanzen dünne Kohleschichten verursacht.

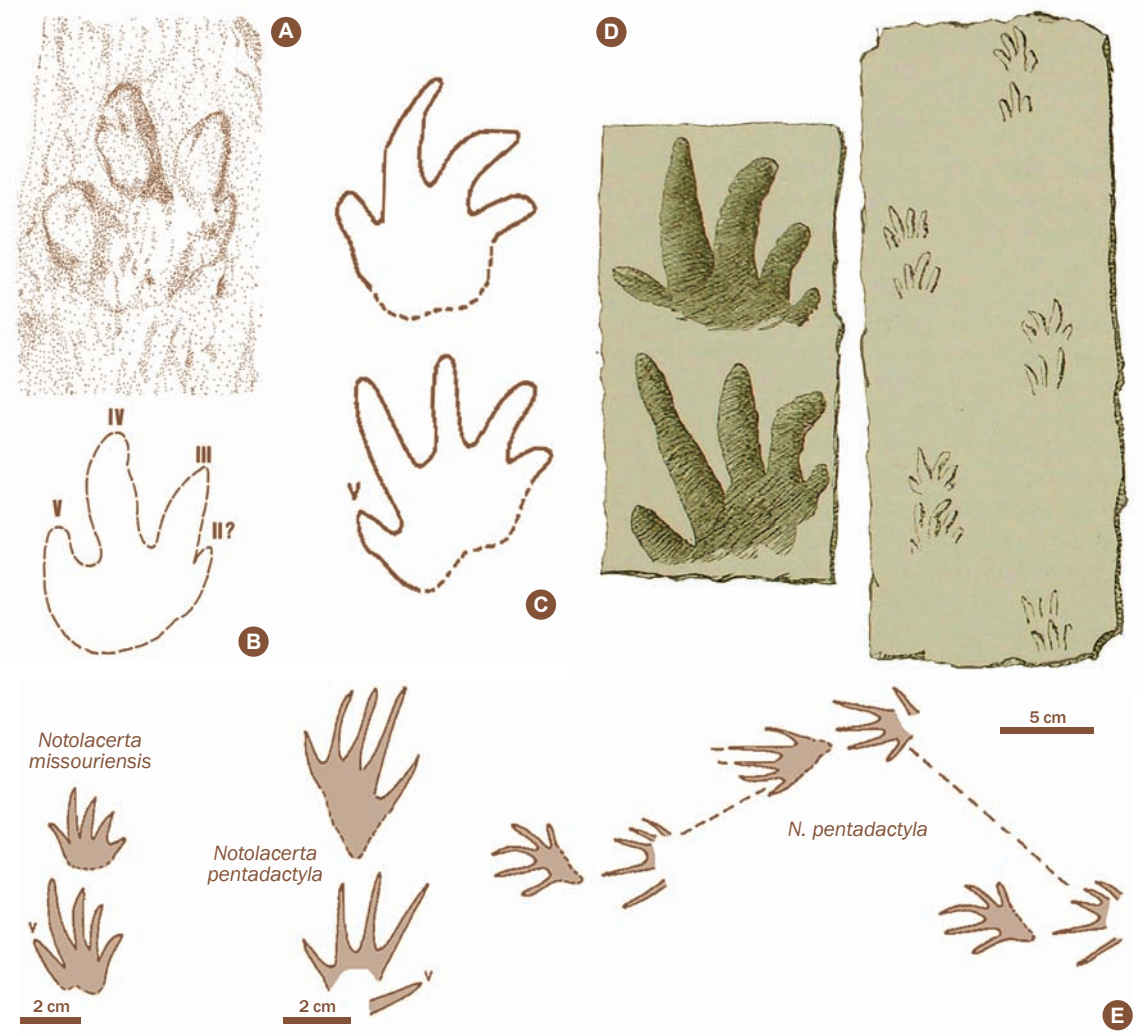
***Paläogeographie***

Im Oberkarbon befand sich das Gebiet von Karnien und Tarvisio sehr nahe am Äquator (man schätzt 4° N; Abb. **23**) und das Klima war heiß und feucht.

**25 >** L'orma MFSN 1808 riferita a *Hylopus* cfr. *hardingi*.

viamo alternate rocce di origine fluviale a quelle marine.

Le orme potevano essere impresse da tetrapodi terrestri o da "anfibi" nei sedimenti molli e fini di piana deltizia attraversata da canali distributori che esondavano durante le piene, allagando le zone circostanti e ricoprendole di limi e sabbie. L'abbondante sedimento terrigeno trasportato dai fiumi era prodotto dallo smantellamento della catena ercinica. La fitta vegetazione che ricopriva le parti emerse, ma paludose, della regione deltizia era costituita soprattutto da equiseti (anche forme giganti alte 15 metri, come *Calamites*) e licopsidi (ancora più gran-




**26 >** A) disegno e B) interpretazione dell'orma del Passo di Pramollo (da Mietto et al., 1986); C) *Hylopus hardingi* (da Haubold, 1971), D) *Hylopus logani* (da Dawson, 1893); E) *Notolacerta* ispp. (da Haubold, 1971).

di), mentre nelle zone rilevate e relativamente asciutte crescevano soprattutto felci, felci con i semi (Pteridosperme) e cordaitali.

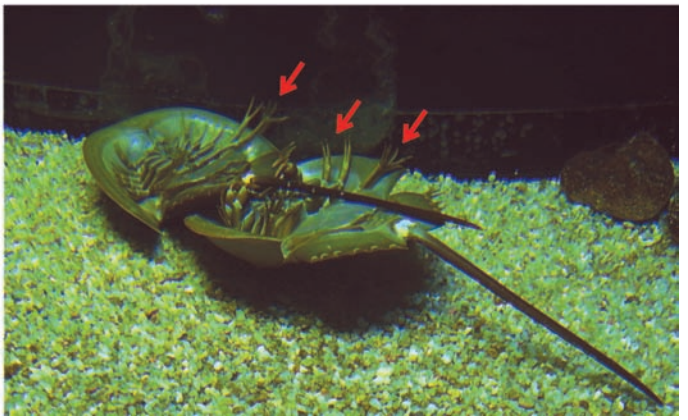
Passo di Pramollo (Pontebba) - Un'orma singola è stata trovata alla base del fianco sud-orientale del Monte Auernig nella zona del Passo di Pramollo (Pontebba), lungo il sentiero che dal passo porta al Monte Auernig e poi al Monte Corona. Era conservata in un blocco isolato di arenaria siltosa nel detrito di falda ed ora è depositata al Museo Friulano di Storia Naturale di Udine (MFSN 1808).
Il fossile è in realtà il riempimento dell'orma originaria e si presenta, dunque, come iporilievo positivo. È lunga 49 mm, larga 38 mm ed è costituita dall'impressione di tre, forse quattro, dita (Figg. **25 e 26A-B**). Secondo

Paolo Mietto, Giuseppe Muscio e Corrado Venturini (1986) si tratta dell'impronta parziale, probabilmente deformata per scivolamento laterale, di una zampa anteriore destra semiplantigrada che conserva le tracce delle dita III-V e forse pure del dito II (che però io non riesco in nessun modo a vedere nel reperto). Il dito IV è il più lungo, il V il più corto (escludendo la problematica traccia del dito II). Le tracce delle dita sono corte e tozze, la IV e la III sono leggermente ricurve medialmente. Non vi sono segni della presenza di artigli.
Gli autori hanno riferito l'orma ai tetrapodi basali ("anfibi labirintodonti") per l'aspetto

**27 >** Ricostruzione di un grande "anfibio" temnospondilo ("labirintodonte"). Disegno di Lukas Panzarin.

Weltweit hatte das Zusammentreffen der Kontinentalplatten die herzynische Gebirgsbildung verursacht. Sie schuf Bergketten in Europa (z.B. Zentralmassiv, Vogesen, Schwarzwald, Ural), Asien (z.B. Altai, Tien Shan) und Nordamerika (Appalachen) und verschmolz alle Kontinente zu einem einzigen Riesenkontinent, der Pangäa. In Karnien hatte sich im Oberkarbon eine Gebirgskette erhoben, die Paläokarnische Kette genannt wurde, die dann einer schnellen Erosion unterlag. Am Ende der Periode bestand sie aus relativ niedrigen Erhebungen, die nicht weit vom Meer entfernt waren, das sich im Südosten befand. Zwei Flusstäler, die 5-15 km breit waren und von den niedrigen herzynischen Erhöhungen voneinander getrennt waren, erstreckten sich über das Gebiet von Forni Avoltri bzw. das Gebiet von Pontebba in Richtung Meer. Sie endeten in einem Delta (Abb. **24**). Sehr starke Erhöhungen des Meeresspiegels, die vermutlich mit dem zum Teil und vorübergehenden Abschmelzen des Eises der Polkappen in Verbindung stand, führten dazu, dass die Küstenlinie zurückging, während die erneute Bildung der Gletscher und Anhebungen durch die Plattenbewegung den Meeresspiegel wieder absinken ließen. Deshalb finden wir in der Permokarbonischen Abfolge von Karnien und des Gebietes von Pontebba eine Aneinanderreihung von Gesteinen, die Fluss- und Meeresursprung haben. Die Spuren konnten von Tetrapoden oder von Amphibien in die weichen und feinen Sedimente der Deltaebene eingedrückt werden, die von Kanälen durchzogen wurden, die während der Flut überliefen, so dass die umliegenden Bereiche überschwemmt und von Schlamm und Sand überdeckt wurden. Das üppige Erdsediment, das von den Flüssen transportiert wurde, entstand durch die Schuttschicht der herzynischen Kette. Die dichte Vegetation, die die überirdischen, aber sumpfigen Teile der Deltagegend bedeckte, bestand vor allem aus Schachtelhalmen und *Lepidodendron*, während in den höher gelegenen und relativ trockenen Gebieten vor allen Dingen Farne, Samenfarne (Pteridospermen) und Cordaiten wuchsen.

Pramollo-Pass (Pontebba) - Eine einzige Spur wurde am Fuße des Monte Auernig im Gebiet des Pramollo-Passes (Naßfeld Paß, Pontebba) entlang des Wegs gefunden, der vom Pass zum Monte Auernig und dann zum Monte Corona führt. Sie befand sich in einem isolierten Block von schluffigem Sandstein im Geröll der Erdschicht und ist heute im Museo Friulano di Storia Naturale in Udine (MFSN 1808) gelagert.
Das Fossil ist tatsächlich die Auffüllung der Originalspur und präsentiert sich folglich als positives Hyporelief. Es ist 49 mm lang, 38 mm breit und besteht aus dem Abdruck von drei, vielleicht vier, Zehen (Abb. **25** und **26A-B**). Für Paolo Mietto, Giuseppe Muscio und Corrado Venturini (1986) handelt es sich um einen Teilabdruck, der vermutlich durch seitliches Abrutschen eines rechten, halb plantigraden



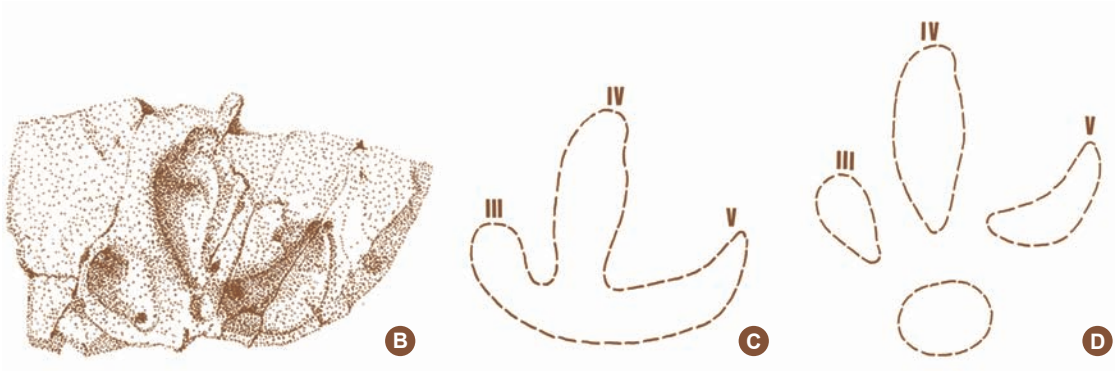
**28 >** Piste fossili di limuli. Sopra: pista fossile di limulo rinvenuta nel Carbonifero superiore della zona di Passo Pramollo che imita la pista di un uccello. In mezzo: particolare di un'altra pista dallo stesso sito e con le caratteristiche tracce a ciuffo. Sotto a sinistra: limulo; sotto a destra: due limuli vivi capovolti con indicati gli arti che hanno prodotto le tracce.

Vorderlaufs deformiert wurde. Dieser Abdruck konserviert die Spuren der Zehen III-V und vielleicht auch der Zehe II. Die Zehe IV ist die Längste, die V ist die Kürzeste. (Dabei wird die problematische Spur der Zehe II ausgeschlossen). Die Zehenspuren sind kurz und gedrungen, die Zehen IV und III sind mittig leicht gekrümmt. Es gibt keine Anzeichen für das Vorhandensein von Krallen. Die Autoren haben diese Spur wegen des allgemeinen Aussehens, des Fehlens von Krallenspuren und, vor allem der „Vorrangstellung" der Spur der Zehe IV als basale Tetrapoden („Labyrinthodontia-Amphibien") eingeordnet. Ihrer Meinung nach ist das morphologisch ähnlichste Ichnogenus *Hylopus* (Abb. **26**). Der Hauptunterschied ist bei diesem Ichnogenus eine dünnere Spur der Zehe IV. Mietto et al. (1986) führen die Spur des Pramollo mit Vorsicht auf die Ichnospezies *Hylopus* cf. *hardingi* zurück. Vorsicht ist nicht nur wegen der Unvollständigkeit des Fundstücks, sondern auch wegen der Tatsache, dass *Hylopus hardingi* (Dawson 1882) eine Ichnospezies des Unterkarbon von Neuschottland ist. Somit ist sie also deutlich älter als die Corona

Formation. Alternativ dazu kann es sich um einen sehr deformierten Abdruck von *Notolacerta* handeln. Hierbei würde die geografische Verbreitung übereinstimmen, während die Morphologie nur geringe Ähnlichkeit aufweist (siehe Abb. **30**). Für Mietto et al. (1986), sind sowohl *Hylopus* als auch *Notolacerta* Spuren von „amphibienähnlichen" Tieren. Diese Autoren erwähnen weitere zwei Gruppen von basalen Tetrapoden für *Hylopus*: Edopsoidea und Eryopoidea. Sie gehören zu den Temnospondyli, primitiven Tetrapoden, die sich während des Perm und der Trias stark entwickelten und die wahrscheinlich in der evolutionären Linie der heute noch lebenden Amphibien sind. Es handelte sich um Beutetiere auch bedeutender Ausmaße, mit einem massiven Körper und einem großen flachen Kopf (Abb. **27**).
In den Sandsteinen der späten Karbonzeit des Pramollo-Passes, zu Füßen des M. Carnizza entlang des Pfades, der vom Pass nach Casera For führt, sind auch kleine, anscheinend trydactyle Spuren gefunden worden, die an Vögel im Karnien von vor 300 Millionen Jahren denken ließen (Abb. **28**). Es handelt sich dabei jedoch um die Spuren von Pfeilschwanzkrebsen, großen marinen Anthropoden, die heute noch leben und mit Spinnen und Skorpionen verwandt sind. Ihre beweglichen Glieder enden mit Segmenten in Blattform (Abb. **28**), die auf dem weichen Sediment der Meeresböden und Strände typische Spuren hinterlassen, die aus zwei parallelen Reihen bestehen. Eine Spur dieser Meeres-Invertebraten war schon vor mehr als 20 Jahren von der Meledis Formation entlang des Rio Cordin berichtet worden (Cason di Lanza, Conti et al., 1990).

Val Dolce (Paularo) - Die Einzelspur stammt aus dem Val Dolce (Lanza-Pass). Laut Romano Azzola, der die Spur entdeckt hat, war sie mit einem zweiten Abdruck gepaart, der sich in 20 cm Abstand davor befand, schmaler war und längere Zehenspuren aufwies. Leider ist diese zweite Spur verloren gegangen. Die gerettete Spur (MFSN 1809) ist eine circa 6 Zentimeter lange und circa 7,5 Zentimeter breite Senkung, mit dem Abdruck von drei Zehen (Abb. **29**). Laut Mietto, Muscio & Venturini (1986) könnte es sich um den Abdruck eines rechten Vorderlaufs handeln und die verschwundene Spur könnte die des Hinterlaufs sein. Mit großem Zweifel wurde sie dem Ichnogenus *Limnopus* (Abb. **30**) zugeordnet. Man vermutet, dass die Spur von der gleichen Gruppe

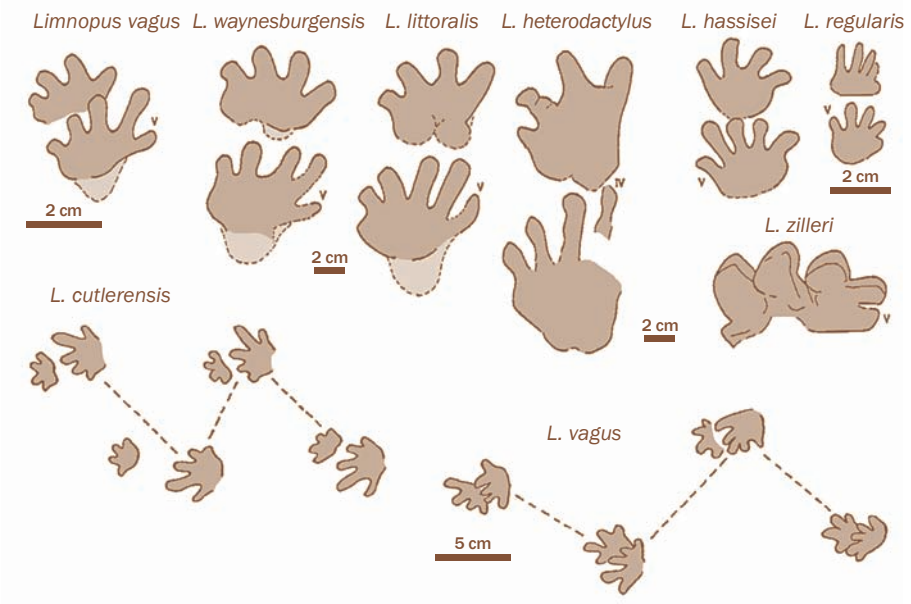
generale, l'assenza di tracce di unghie e, soprattutto, per la "prevalenza" della traccia del dito IV. Secondo loro, l'icnogenere più simile morfologicamente è *Hylopus* (Fig. **26C-D**). La differenza principale risiederebbe nella presenza - in questo icnogenere - di una traccia del dito IV più snella. Delle tre icnospecie di *Hylopus* Mietto et al. (1986) riferiscono, con cautela, l'orma del Pramollo a *Hylopus* cfr. *hardingi*. La cautela è dovuta - oltre all'incompletezza del reperto - al fatto che *Hylopus hardingi* Dawson 1882 è un'icnospecie segnalata nel Carbonifero inferiore (Tournasiano, il piano più antico del Carbonifero) della Nuova Scozia ed è, quindi, sensibilmente più "vecchia" della Formazione del Corona.
Un'interpretazione alternativa è che si tratti di un'impronta molto deformata di *Notolacerta*, congruente per datazione geologica, ma poco corrispondente morfologicamente (si veda la Fig. **26E**).
Per Mietto et al. (1986), sia *Hylopus* che *Notolacerta* sarebbero orme di "anfibi" rachitomi. "Rachitomi" era un termine già obsoleto nel 1986 (si veda Carroll, 1988). Mietto et al. (1986) menzionano altri due gruppi di tetrapodi basali per *Hylopus*: Edopsoidea e Eryopoidea, entrambi interni ai Temnospondyli, un gruppo di tetrapodi primitivi che ebbe un grande sviluppo nel Permiano e nel Triassico e che probabilmente è nella linea evolutiva degli "anfibi" viventi. Si trattava di animali predatori di dimensioni anche notevoli, con un corpo massiccio ed una grande testa piatta (Fig. **27**).
Nelle arenarie tardo carbonifere del Passo di Pramollo, alla base del M. Carnizza lungo il sentiero che dal Passo porta a Casera For, sono state rinvenute anche piccole tracce apparentemente tridattili che farebbero pensa-




**29 >** L'orma MFSN 1809 riferita a *?Limnopus*.
A) il reperto;
B) il disegno.
Interpretazioni alternative:
C) come orma di "anfibio";
D) come "rettile" sinapside.
Da MIETTO et al. (1986).

von Amphibien wie *Hylopus* verursacht wurde. Die Unsicherheit ist auf die zweifelhafte Konservierung des hinteren Teils der Spur zurückzuführen. MIETTO und seine Mitautoren bieten sogar eine alternative Interpretation an (Abb. **29D**), auch wenn diese weniger wahrscheinlich ist: Es könnte sich um die unvollständige Spur eines Synapsiden Reptils handeln, das also der evolutionären Linie der Säugetiere, der Gruppe der Edaphosauridae angehört. Letztere waren große Vegetarier, die sich durch ein bizarres „Segel" auf dem Rücken auszeichneten, das von extrem verlängerten Dornfortsätzen der Rückenwirbel gehalten wurde (konvergierter Aufbau, der dem des berühmteren *Dimetrodon* ähnelt, einem Fleischfresser).
Es ist sehr wahrscheinlich, dass die fossilen Spuren von Tetrapoden in Perm-Karbonzeit in der Gegend von Pontebba viel häufiger sind, als diese wenigen Fundstücke vermuten lassen. Eine gezielte und systematische Erforschung in den antiken Flussablagerungen (die bisher nie unternommen wurde) könnte die Dokumentation von Versteinerungen dieser ersten Tetrapoden des Friaul deutlich erhöhen. Dies würde uns auch ermöglichen, herauszufinden, welche Landwirbeltiere unsere Region vor 300 Millionen Jahren bewohnten.

**Oberperm (vor circa 270-252,6 Millionen Jahren)**
In Karnien gibt es nur zwei Hinweise auf fossile Spuren in den Gesteinen des Oberperm, die sich beide im Gebiet von Ligosullo befinden.




**30** > Orme e piste di *Limnopus*. Da HAUBOLD (1971).

re alla presenza di uccelli nella Carnia di 300 milioni di anni fa (Fig. **28**). Niente di più sbagliato. Si tratta delle tracce di limuli, grandi artropodi marini tutt'ora viventi, imparentati con ragni e scorpioni. I loro arti deambulatori terminano con segmenti a forma di foglia (Fig. **28**) che producono, sul sedimento molle dei fondali o delle spiagge, caratteristiche orme disposte in due file parallele. Una pista di questi invertebrati marini era già stata segnalata oltre 20 anni fa nella Formazione di Meledis lungo il Rio Cordin nella zona del Cason di Lanza (CONTI et al., 1990).

VAL DOLCE (PAULARO) - L'altra orma singola proviene dalla Val Dolce nella zona del Passo di Lanza. Secondo Romano Azzola, che ha scoperto il reperto, era accoppiata a una seconda impronta che si trovava davanti a 20 cm di distanza ed era più affusolata e con tracce delle dita più allungate. Purtroppo, questa seconda orma è stata abusivamente asportata da ignoti ed è quindi andata perduta. L'orma salvata (MFSN 1809) è una depressione lunga circa sei centimetri e larga circa 7,5 centimetri, con l'impressione di tre dita (Fig. **29**). Secondo Paolo MIETTO, Giuseppe MUSCIO e Corrado VENTURINI (1986) si potrebbe trattare dell'impronta di una zampa anteriore destra mentre l'orma scomparsa poteva essere quella della zampa posteriore. È stata riferita con molto dubbio all'icnogenere *Limnopus* (Fig. **30**), che si suppone fosse prodotto dallo stesso gruppo di "anfibi" di *Hylopus*. L'incertezza è dovuta all'ambigua conservazione della parte posteriore dell'orma. Mietto e coautori propongono pure un'interpretazione alternativa (Fig. **29D**), anche se meno probabile: si potrebbe trattare dell'orma incompleta di un "rettile" Sinapside, appartenente quindi alla linea evolutiva dei Mammiferi, del gruppo degli Edafosauri. Questi ultimi erano grandi vegetariani caratterizzati da una bizzarra "vela" sulla schiena, sostenuta da spine neurali delle vertebre dorsali estremamente allungate (struttura convergente con quella simile presente nel più famoso *Dimetrodon*, un feroce carnivoro).

***Geologisch-stratigrafische Einordnung***
Das Oberperm ist im Friaul durch zwei Formationen vertreten: Der Grödner Sandstein und die *Bellerophon*-Formation. Die versteinerten Spuren wurden im Grödner Sandstein gefunden. In Karnien ist dieser 40-240 Meter mächtig und besteht im Wesentlichen aus Sandsteinen, die von Sand und Schlamm stammen, die im kontinentalen Bereich, wie z. B. in vergänglichen Flussbetten, Küsten-Auen und vorübergehenden Pfützen abgelagert wurden. Der Grödner Sandstein ist aufgrund seiner besonderen Farbe leicht zu erkennen. Er ist hauptsächlich Backsteinrot und zeigt sich zum Beispiel im Val Degano, Val Pesarina, sowie in den Bergen zwischen Cercivento und Ligosullo.

***Paläogeographie***
Der Grödner Sandstein hat sich entlang des gesamten zentral-östlichen Alpenkamms von der Lombardei bis nach Slowenien abgelagert. Das Klima war während seiner Ablagerung heiß und ziemlich trocken, denn die Region befand sich in tropischen Breiten. Die Flusssysteme, die das zukünftige Karnien durchquerten, ähnelten vermutlich den vergänglichen Flüssen, die wir heute in halb verwüsteten tropischen Regionen vorfinden und mündeten in ein seichtes Meer, das sich im Südosten befand. Es war von Lagunen umgeben, starker Verdunstung unterlegen und folglich stark salzhaltig. In der Regenzeit traten diese Flüsse, die plötzlichen und starken Hochwassern unterlagen, über die Ufer und lagerten dabei Schlamm- und Sandschichten in der umliegenden Ebene ab.
Am Ende der Permzeit bedeckte das seichtes Meer die trockene Küstenebene, wo sich der Grödner Sandstein abgelagert hatte. Das Meer unterlag anfangs vor allem in Karnien starker Verdunstung, wo vermutlich geschlossene Meeresbecken oder Lagunen mit geringer Wasserzirkulation vorhanden waren. In diesem Meer entstand die *Bellerophon*-Formation (*Bellerophon* ist ein Gastropode). Sie besteht im unteren Teil aus dunklem Dolomit und Gipsschichten). Im oberen Teil wird sie aus dunklen Kalksteinen mit Meeresorganismen aus Wässern mit normalem Salzgehalt gebildet.
In einem Ablagerungsmilieu kontinentaler Art würde man sich erwarten, ein üppiges Zeugnis von Landwirbeltieren anzutreffen, d. h. angesichts des Zeitalters Reptilien und Amphibien. Dies ist tatsächlich bei dem Grödner Sandstein in Südtirol der Fall, insbesondere in der Bletterbachschlucht in der Nähe von Radein.

È molto probabile che le orme fossili di tetrapodi siano assai più frequenti nel Permo-Carbonifero Pontebbano di quanto questi pochi reperti facciano ritenere. Una ricerca mirata e sistematica effettuata negli antichi depositi fluviali (mai intrapresa finora) potrebbe incrementare sensibilmente la documentazione fossile di questi primi tetrapodi friulani e permetterci di conoscere quali vertebrati continentali popolavano la nostra Regione 300 milioni di anni fa.

## Permiano superiore (circa 270-252,6 milioni di anni fa)

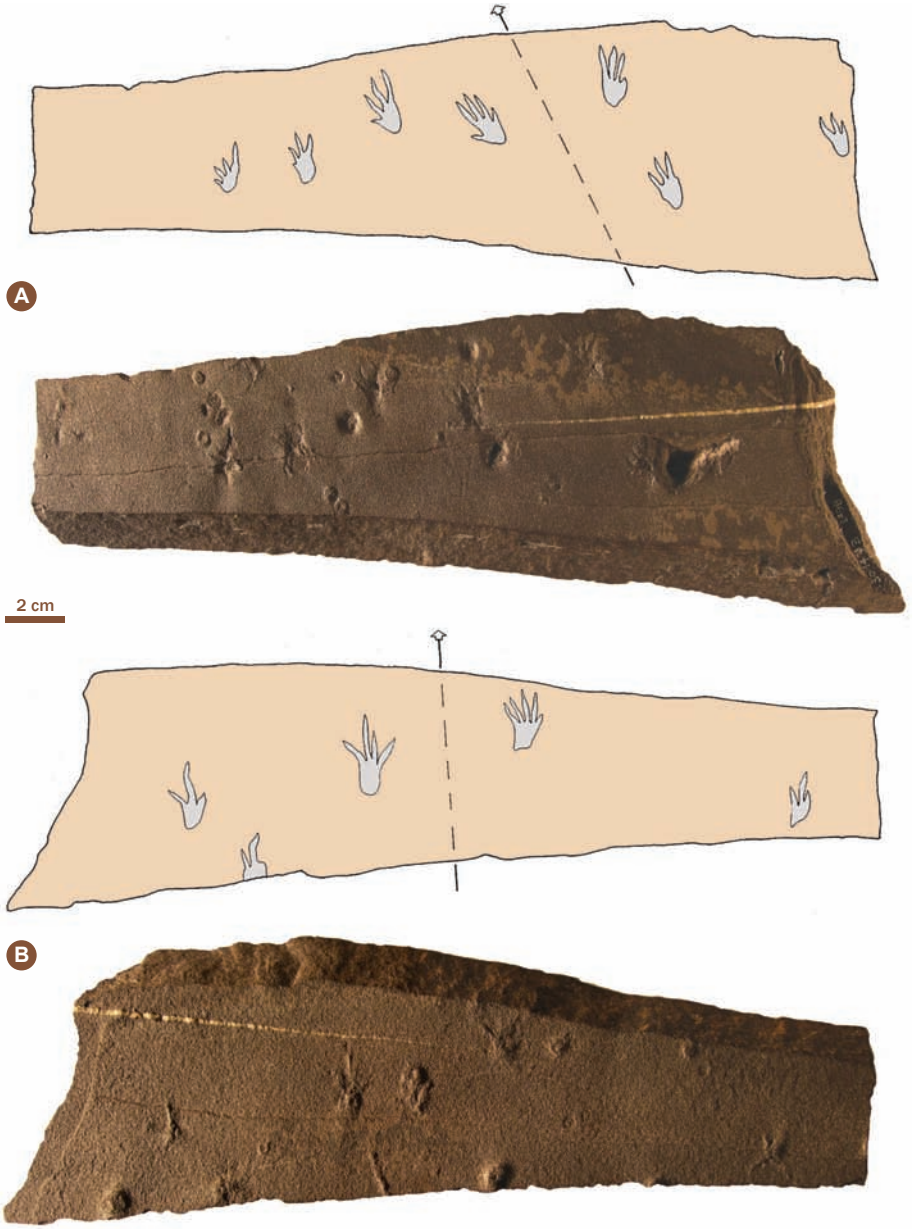
In Carnia si hanno solo due segnalazioni di orme fossili nelle rocce del Permiano superiore, entrambe dal territorio di Ligosullo.

*Inquadramento geologico-stratigrafico*
Il Permiano superiore è rappresentato in Friuli da due Formazioni: le Arenarie di Val Gardena e la Formazione a *Bellerophon*. Le orme fossili sono state trovate nelle Arenarie di Val Gardena. In Carnia questa formazione è potente 40-240 metri ed è costituita essenzialmente da arenarie e peliti derivate da sabbie e limi depositati in ambiente continentale, come letti di fiumi effimeri, piane costiere alluvionali e pozze temporanee. Le Arenarie di Val Gardena sono facilmente riconoscibili per il loro caratteristico colore - prevalentemente rosso mattone - e affiorano, per esempio, lungo la Val Degano, la Val Pesarina e nei monti tra Cercivento e Ligosullo.

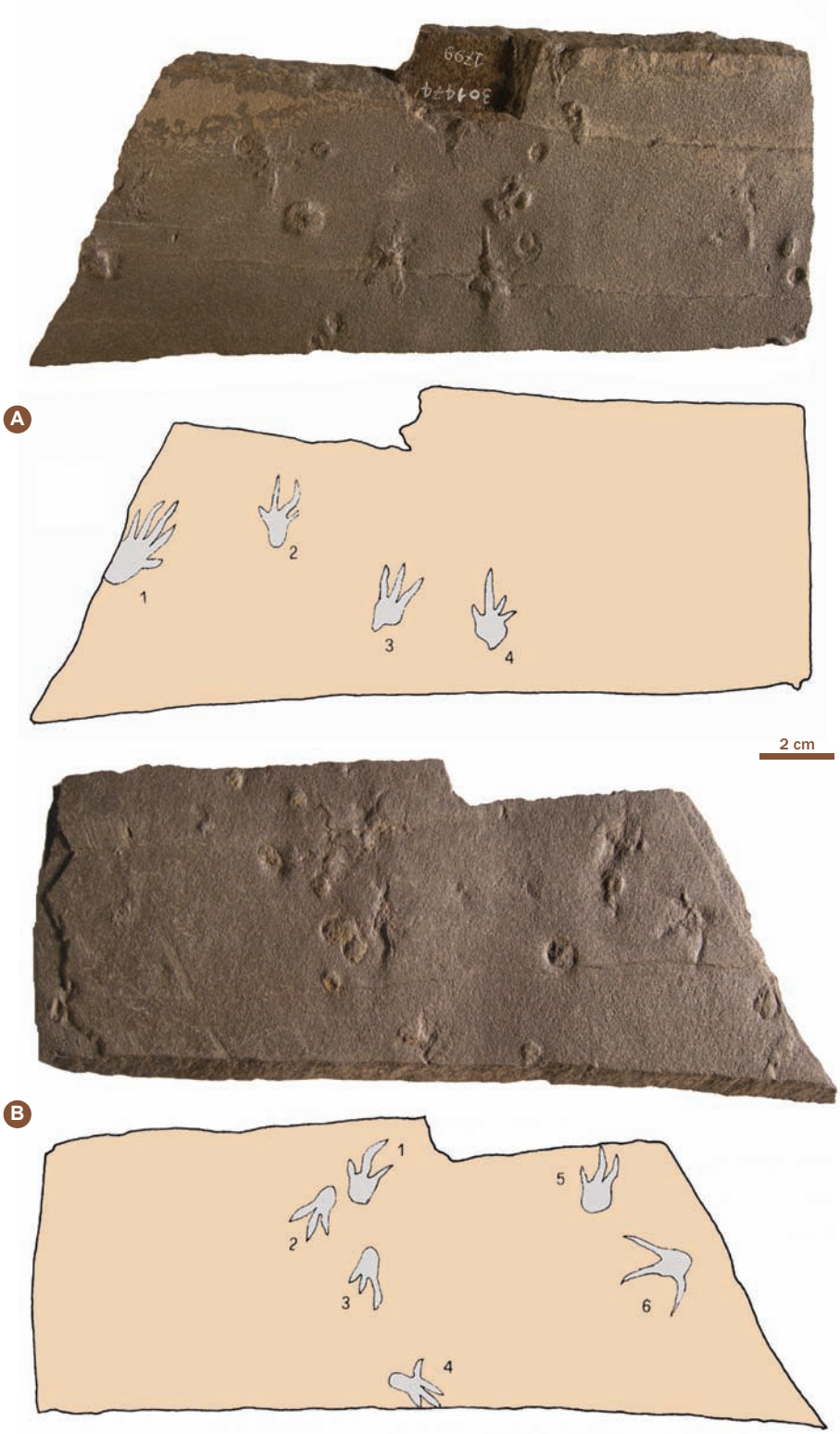
*Paleogeografia*
Le Arenarie di Val Gardena si sono depositate lungo tutto l'arco Alpino centro-orientale, dalla Lombardia alla Slovenia. Il clima durante la loro deposizione era caldo e piuttosto

arido; la regione si trovava, infatti, ad una latitudine tropicale. I sistemi fluviali che attraversavano la futura Carnia erano probabilmente simili a quelli effimeri che troviamo oggi nelle regioni tropicali semidesertiche e sfociavano in un mare basso posto a sud-est, bordato da lagune soggette ad intensa evaporazione e quindi ipersaline. Nella stagione delle piogge, questi fiumi soggetti a piene improvvise e violente esondavano, depositando veli di limo e sabbia nella pianura circostante.

Alla fine del Permiano il mare ricoprì l'arida piana costiera dove si erano depositate le Arenarie di Val Gardena. Si trattava di un




**31 >** Le presunte orme di *Prochirotherium permicum* di Valdajer.
A) lastra A, superficie superiore;
B) lastra A, superficie inferiore; disegni interpretativi di MIETTO e MUSCIO (1987).




**32 >** Le presunte orme di *Prochirotherium permicum* di Valdajer.
A) lastra B (MFSN 1799) superficie inferiore;
B) lastra B superficie superiore; disegni interpretativi di MIETTO e MUSCIO (1987).

mare basso soggetto, nella fase iniziale, ad una forte evaporazione, soprattutto in Carnia dove probabilmente esistevano bacini marini chiusi o lagune con scarsa circolazione delle acque. In questo mare si originò la Formazione a *Bellerophon* (*Bellerophon* è un caratteristico gasteropode che, ironia della sorte, in Carnia non è molto comune nelle rocce di questa formazione), costituita nella parte inferiore da dolomie scure e strati di gesso (precipitato per la forte evaporazione delle acque), nella parte superiore da calcari neri con organismi marini di acque a salinità normale.

In un ambiente deposizionale di tipo continentale ci si aspetterebbe di trovare un'abbondante testimonianza di vertebrati terrestri, quindi, data l'età, "rettili" e "anfibi". Questo è, infatti, il caso delle Arenarie di Val Gardena dell'Alto Adige/Südtirol, in particolare della gola di Bletterbach vicino a Redagno/Radein, dove sono state rinvenute centinaia o forse migliaia di orme fossili di vertebrati riferibili ad un'icnoassociazione piuttosto diversificata. Si tratta di otto icnogeneri e nove icnospecie, che includono orme di grandi pareiasauri vegetariani (rappresentati dall'icnospecie *Pachypes dolomiticus* Leonardi et al. 1975), di terapsidi caseidi (rappresentati dalle icnospecie *Ichniotherium cottae* (Pohlig 1885) e *I. accordii* Ceoloni et al. 1988), pure vegetariani, di grandi predatori come i terapsidi gorgonopsi, di terapsidi cinodonti (rappresentati dall'icnospecie *Dycinodontipus* sp.), di arcosauri primitivi (testimoniati da supposte orme chiroteroidi) e, soprattutto, di piccoli rettili "lacertoidi" (rappresentati dalle icnospecie *Rhynchosauroides* spp.) (Conti et al., 2000; Nicosia et al., 2005).

**33** > *Prochirotherium permicum*. Da Leonardi (1951).

Valdajer (Ligosullo) - I primi icnofossili segnalati come provenienti da questa località sono state 22 impronte e controimpronte conservate su due lastrine di arenaria fine grigio-rossastra e micacea.

Erano state trovate da Remo Englaro di Paluzza (Udine) oltre 30 anni fa e il loro studio è stato pubblicato nel 1987 da Paolo Mietto e Giuseppe Muscio. Secondo questi autori, gli icnofossili sono presenti su ciascuna faccia delle due lastrine. In dettaglio, cinque controimpronte (iporilievi positivi) sono conservate sulla faccia inferiore della lastra A (Fig. **31B**) e sette impronte sulla faccia superiore (Fig. **31A**), mentre sulla lastra B sono presenti quattro controimpronte sulla faccia inferiore (Fig. **32A**) e almeno sei impronte (ma poco chiare) sull'altra faccia (Fig. **32B**). Le piccole orme sono lunghe 17-18 millimetri e ciascuna presenta la traccia - non sempre bene impressa ed evidente - di cinque dita sottili ed allungate.

Mietto e Muscio (1987) le hanno attribuite all'icnospecie *Prochirotherium permicum* Leonardi 1951 sulla base della pentadattilia, plantigradia, mesassonia, l'aspetto "snello", la presenza di tracce delle dita sottili ed allungate e con bassi angoli tra le prime quattro e di un presunto dito V più corto degli altri.

Dort wurden hunderte von fossilen Spuren von Wirbeltieren gefunden, die auf eine ziemlich diversifizierte Ichnofauna hindeutet. Es handelt sich um acht Ichnogenera und neun Ichnospezies, die die Spuren von großen, nicht fleischfressenden Pareiasauriern einschließen (die von der Ichnospezies *Pachypes dolomiticus* vertreten sind; Leonardi et al. 1975). Man fand Spuren von Pelycosauriern (vertreten durch die Ichnospezies *Ichniotherium cottae* (Pohlig 1885) und *I. accordii* Ceoloni et al. 1988), die ebenfalls keine Fleischfresser waren. Daneben große Raubtiere, wie die Sauroctonier, die Cynodontier (vertreten durch die Ichnospezies *Dycinodontipus* sp.), die Thecodontier und vor allen Dingen, kleinen „eidechsenartigen" Reptilien (vertreten durch die Ichnospezies *Rhynchosauroides* spp.) (Conti et al., 2000; Nicosia et al., 2005).

Valdajer (Ligosullo) - Die ersten Ichnofossilien, die als von diesem Ort stammend gemeldet wurden, waren 22 Abdrücke und Gegenabdrücke, die auf zwei feinen grau-rötlichen und glimmerigen Sandsteinplatten erhalten waren. Sie waren von Remo Englaro aus Paluzza (Udine) vor über 30 Jahren gefunden worden und ihre Studie wurde 1987 von P. Mietto und G. Muscio veröffentlicht. Laut diesen Autoren sind die Ichnofossilien auf jeder Seite der zwei Platten vorhanden. Im Detail sind fünf Gegenabdrücke auf der unteren Seite der Platte A (Abb. **31B**) und sieben Abdrücke auf der oberen Seite (Abb. **31A**) erhalten, während auf der Platte B vier Gegenabdrücke auf der unteren Seite (Abb. **32A**) und mindestens sechs Abdrücke (die aber nicht sehr klar erkennbar sind) auf der anderen Seite (Abb. **32B**) vorhanden sind. Die kleinen Spuren sind 17-18 Millimeter lang und Jede stellt die nicht immer gut abgedrückte und offensichtliche Spur von fünf dünnen und länglichen Zehen dar.
Mietto und Muscio (1987) haben sie der Ichnospezies *Prochirotherium permicum* (Leonardi, 1951) auf Basis der Fünfzehigkeit, des plantigraden Ganges, der Mesaxonie und des „schlanken" Aussehens der Spuren zugeordnet. Diese weisen dünne und längliche Zehenspuren mit geringen Winkeln zwischen den ersten vier und einer vermutlichen Zehe V auf, die kürzer ist als die anderen.
*Prochirotherium permicum* wird von Mietto und Muscio (1986) auf Arcosauria bezogen, die mit der „Unterordnung Pseudosuchia" verwandt sind. Diese Ichnospezies wurde nur in der Bletterbachschlucht in Südtirol gefunden und basiert auf sehr schlechten Resten (Abb. **33**). Conti et al. (2000) betrachteten sie als Ichnospezies einer ungewissen systematischen Affinität und folglich kann sie nicht mit Sicherheit irgendeiner Gruppe von Reptilien zugeordnet werden. In ihrer Aufzählung der Ichnospezies des italienischen Perm erwähnen Nicosia et al. (2005) sie nicht. Folglich ist es wahrscheinlich, dass sie sie für eher zweifelhaft hielten.
Bei genauer Prüfung ähnelt die Lithologie der zwei kleinen Platten sehr der, die bei der Werfen Formation im Campil Member der Untertrias dominierte (Abb. **31-32** und **4**), die im Süden von Ligosullo erscheint. In letzterer Formation, die vor allem aus terrigenen Sedimenten stammt, die im seichten Meer abgelagert wurden, sind Fossilien von Seesternen, Stachelhäutern mit fünf schlanken Armen relativ häufig (Abb. **34**). Wenn die Seesterne auf dem Meeresboden Meeres- oder Gezeitenströmungen ausgesetzt waren, wurden ihre Arme von diesen so ausgerichtet, dass sich alle auf der gleichen Seite befanden. Auf diese Weise ähnelten ihre Fossilien sehr den Abdrücken denen des *Prochirotherium permicum* von Valdajer. Es ist folglich möglich, dass die Spuren, als Reptilien des Perm identifiziert, tatsächlich Reste von Seesternen der Untertrias sind.
In jüngeren Zeiten wurden sichere fossile Spuren im Gebiet von Valdajer von Mario Cuder aus Tolmezzo in einem Aufschluss von rötlichen Peliten am Rand der Straße gefunden, die von Castello di Valdajer nach Casera Valdajer führt (Höhe circa 1340 m ü. d. M.). Die Abdrücke sind auf einer begrenzten Böschungsoberfläche erhalten (Abb. **35**). Beim gleichen Aufschluss, aber bei einer anderen Schichtoberfläche, beobachtet man große Austrocknungsflächen, die weiter belegen, dass das Ursprungssediment der Luft ausgesetzt war. Es handelt sich hier um fünf große Senkungen (ihre Breite variiert von 21 bis 22,5 cm), die von einem weitläufigen, wenn auch nicht stark hervorgehobenen Ausstoßrand umgeben sind (Abb. **36-37**). Die Spuren sind scheinbar grob in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet. Die nördlichen und östlichen Teile des Aufschlusses sind noch von Moos bedeckt und könnten weitere Abdrücke enthalten.
Es scheint sich um das Segment einer Spur zu handeln, die von einem vierbeinigen Tier großer Abmessungen, das nach Norden unterwegs war, eingedrückt wurde. Es besteht aus drei nacheinander folgenden Spuren des Hinterlaufes,

*Prochirotherium permicum* è riferito da MIETTO e MUSCIO (1986) ad Arcosauri appartenenti al "sottordine Pseudosuchia". Il termine "Pseudosuchia" è stato usato dai vari autori in modo più o meno inclusivo negli ultimi 50 anni, dunque non è perfettamente chiaro a quali tetrapodi lo riferissero Mietto e Muscio nel 1986. Per KREBS (1976) Pseudosuchia includeva "Euparkeriidae", "Rauisuchidae", "Stagonolepididae", "Ornithosuchidae", "Erpetosuchidae" e "Scleromochlidae". Solo "rauisuchi" ed etosauri (=Stagonolepididi) erano rimasti negli Pseudosuchi di BENTON (2000), mentre per BENTON (2006) Pseudosuchia non esiste più. Ad ogni modo, tutti gli animali menzionati, ad eccezione di *Scleromochlus*, avevano dimensioni sensibilmente maggiori di quello che ha lasciato le orme a Valdajer e, aspetto non secondario, non sono mai stati segnalati nel Paleozoico, ma appaiono più in alto stratigraficamente, nel Triassico.

*Prochirotherium permicum* è stato trovato soltanto nella gola del Bletterbach ed è basato su resti assai scarsi (Fig. **33**). CONTI et al. (2000) la consideravano un'icnospecie di affinità sistematica incerta e quindi non può essere attribuita con certezza ad alcun gruppo di "rettili". Nella loro rassegna delle icnospecie del Permiano italiano, NICOSIA et al. (2005) non la menzionano nemmeno, quindi è probabile che la considerassero piuttosto dubbia.

Ad un esame approfondito, la litologia delle due lastrine assomiglia molto a quella dominante nel Membro di Campil della Formazione di Werfen del Triassico inferiore (si confrontino le Figg. **31-32** e **34**) che affiora a sud di Ligosullo. In questo membro, derivato da sedimenti per lo più terrigeni depositati in mare basso, sono relativamente frequenti i fossili di "stelle di mare", echinodermi con cinque braccia sottili (Fig. **34**). Quando sul fondale le "stelle di mare" erano sottoposte a correnti marine o tidali, le loro braccia venivano orientate in modo da trovarsi tutte da una stessa parte; in tal caso, i loro fossili assomigliano parecchio alle impronte di *Prochirotherium permicum* di Valdajer. È possibile, quindi, che quelle identificate come orme permiane di "rettili" siano, invece, resti di "stelle di mare" del Triassico inferiore.

**34 >** "Stelle di mare" nelle siltiti grigio-rossastre micacee del Membro di Campil della Formazione di Werfen delle Alpi Carniche s.l.

In tempi più recenti, sicure orme fossili sono state scoperte nella zona di Valdajer da Mario Cuder di Tolmezzo in un affioramento di peliti rossastre situato sul bordo della strada che dal Castello di Valdajer porta a Casera Valdajer (quota 1340 m slm circa). Le impronte sono conservate su di una limitata superficie a franapoggio (Fig. **35**); nello stesso affioramento, ma su di un'altra superficie di strato, si osservano grandi poligoni di disseccamento che testimoniano ulteriormente l'esposi-

**35 >** Valdajer (Ligosullo): l'affioramento, con in primo piano la superficie con le orme.

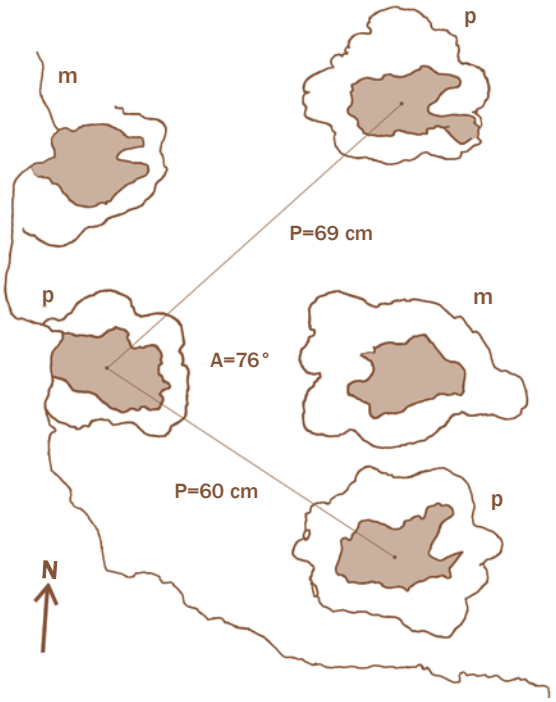
**36 >** Le orme, viste dal lato sinistro in leggera prospettiva.

wobei die ersten zwei mit dem Abdruck des entsprechenden Vorderlaufes assoziiert sind (Abb. **38**). Die Spuren des Vorderlaufes sind nur geringfügig kleiner als die des Hinterlaufes und sind bedeutend breiter als lang. Die Morphologie ist unregelmäßig, aber alles in allem subrechteckig mit eingedrücktem Rand. Die Zehenspuren sind nicht sicher erkennbar, waren allerdings zweifellos kurz. Die Spuren des Vorderlaufes befinden sich vor denen des Hinterlaufes in einem Abstand von 32,5 cm rechts und 37,5 cm links. Die äußere und innere Breite der Spur sind um 78 cm bzw. 30-35 cm angehoben. Der Schrittwinkel des Hinterlaufes ist ziemlich niedrig (76°), der Schritt beträgt 60 und 69 cm und der Sprung beträgt nur 79,5 cm. All diese Informationen suggerieren, dass der

**37 >** Particolare della prima coppia di orme delle zampe posteriore ed anteriore destre.

zione del sedimento originario all'aria. Si tratta di cinque grandi depressioni (l'asse maggiore - che qui considero come la larghezza dell'orma - varia da 21 a 22,5 cm) circondate da un ampio, seppure non molto pronunciato, bordo di espulsione (Figg. **36-37**). Le orme sono apparentemente allineate in senso grossomodo nord-sud; le parti settentrionale e orientale dell'affioramento sono ancora ricoperte dal muschio e potrebbero contenere altre impronte.

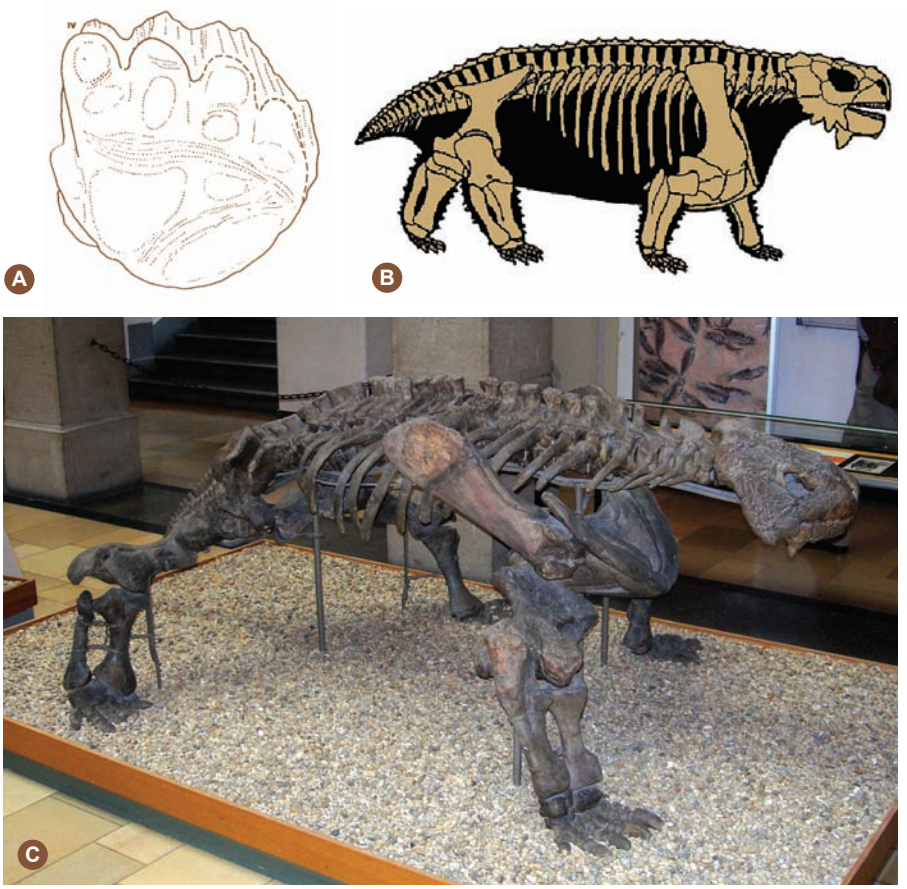
Sembra trattarsi del segmento di una pista impressa da un animale quadrupede di grandi dimensioni diretto verso nord, formato da tre orme consecutive della zampa posteriore, le prime due delle quali associate all'impronta della corrispondente zampa anteriore (Fig. **38**). Le orme della zampa anteriore sono solo leggermente più piccole di quella della posteriore (il rapporto tra la larghezza della zampa anteriore e quelle della posteriore è 0,93) e sono decisamente più larghe che lunghe (il rapporto larghezza/lunghezza della zampa anteriore è 1,35-1,50 e quello della posteriore è 1,67-1,73). La morfologia è irregolare, ma grossomodo subrettangolare e dal margine frastagliato, con tracce delle dita che non sono identificabili con certezza, ma erano indubbiamente corte. Le orme della zampa anteriore si trovano davanti a quelle della zampa posteriore ad una distanza di 32,5 cm a destra e 37,5 cm a sinistra. Le larghezze esterna ed interna della pista sono elevate, rispettivamente 78 cm e 30-35 cm. L'angolo del passo




**38** > Mappa della pista. Abbreviazioni: A = angolo del passo; m = impronta della zampa anteriore (*manus*); p = impronta della zampa posteriore (*pes*); P = passo.

*trackmaker* ein vierbeiniger Tetrapode mit breitem Körper war, dessen Vorderlauf fast genauso groß war wie der Hinterlauf, der sich langsam bewegte, Bauch und Schwanz aber nicht auf der Erde schleifte.

Die Abmessungen und Form der Spuren, die breiter als lang waren und nur kurze Abdrücke der Zehen aufwiesen, sowie die Parameter der Spur sind nur mit einem Ichnogenus kompatibel, das im Oberperm bekannt war: *Pachypes* (Haubold, 1971; Avanzini et al., 2001; Valentini et al., 2008). Die Ichnospezies *P. dolomiticus* (Abb. **39A**) ist in der Ichnofauna vom Bletterbach in Südtirol und bei allen Fundstellen von fossilen Spuren des Oberperm der südlichen Alpen vertreten. Wie bereits vorher angedeutet wurde, wird sie den Pareiasauridae zugerechnet, großen Amnioten der Anapsida, die typisch für die Permzeit waren und die gemäß einigen Paläontologen mit den Schildkröten verwandt sind. Es handelte sich um massige Vierbeiner, die bis zu drei Metern lang waren und bis zu 6 Doppelzentner wogen (Abb. **39B-C**). Ihre Skelettreste wurden vor allen Dingen in Südafrika und Russland, aber auch in Marokko, Brasilien, Ostasien und Schottland gefunden. Sie hatten einen gedrungenen Körper mit massigen Gliedmaßen und kurzen Zehen. Die Zähne in Blattform lassen eine vor allen Dingen vegetarische Ernährung vermuten.




**39 >** A) *Pachypes dolomiticus* (da LEONARDI et al., 1975); B) ricostruzione scheletrica del pareisauro *Scutosaurus* (da LEE, 1997, modificato); C) scheletro di un pareisauro.

della zampa posteriore è piuttosto basso (76°), il passo è 60 e 69 cm e la falcata è solo 79,5 cm. Tutte queste informazioni suggeriscono che l'autore fosse un tetrapode quadrupede dal corpo largo, con una zampa anteriore grande quasi come la posteriore, che si spostava lentamente, ma non trascinava il ventre e la coda a terra.

Le dimensioni e la forma delle orme - più larghe che lunghe e con corte impressioni delle dita - e i parametri della pista sono compatibili con un solo icnogenere noto nel Permiano superiore: *Pachypes* (si veda HAUBOLD, 1971; AVANZINI et al., 2001; VALENTINI et al., 2008). L'icnospecie *P. dolomiticus* (Fig. **39A**) è presente nell'icnofauna della gola del Bletterbach ed in tutti gli icnositi del Permiano superiore delle Alpi meridionali (per esempio, vicino a Recoaro in Provincia di Vicenza; MIETTO, 1981). Come ho accennato in precedenza, è attribuita ai Pareiasauri, un gruppo di grandi amnioti anapsidi tipici del Permiano che secondo alcuni paleontologi sono strettamente imparentati con le tartarughe. Si trattava di massicci quadrupedi lunghi fino a tre metri e pesanti fino a sei quintali (Fig. **39B-C**), i cui resti scheletrici sono stati trovati soprattutto in Sud Africa e Russia, ma anche in Marocco, Brasile, Asia orientale e Scozia. Avevano un corpo tozzo con arti massicci e dita corte; i denti a forma di foglia suggeriscono una dieta prevalentemente vegetariana.

## MESOZOICO (252,6-66 milioni di anni fa)

Durante il primo periodo dell'era Mesozoica - il Triassico, durato circa 50 milioni di anni - l'area friulana si trovava ai margini del megacontinente Pangea. Questa immensa estensione di terre emerse, originatasi durante l'orogenesi ercinica dalla fusione di continenti più piccoli, era suddivisa in una parte settentrionale - Laurasia - e una meridionale - Gondwana.

Il margine orientale del Pangea era inciso da un immenso golfo marino dove l'oceano della Tetide si insinuava tra le due parti del megacontinente. La porzione della crosta che costituisce l'odierno Friuli si trovava allora lungo la costa orientale del megacontinente, in corrispondenza del margine meridionale del Laurasia, nella vasta zona di mare basso al passaggio tra le terre emerse e la Tetide.

La successione rocciosa triassica friulana, potente migliaia di metri e spesso ricca di fossili, testimonia le variazioni ambientali e biologiche occorse in questa zona marginale del megacontinente.

### Triassico inferiore (252,6-247,2 milioni di anni fa)

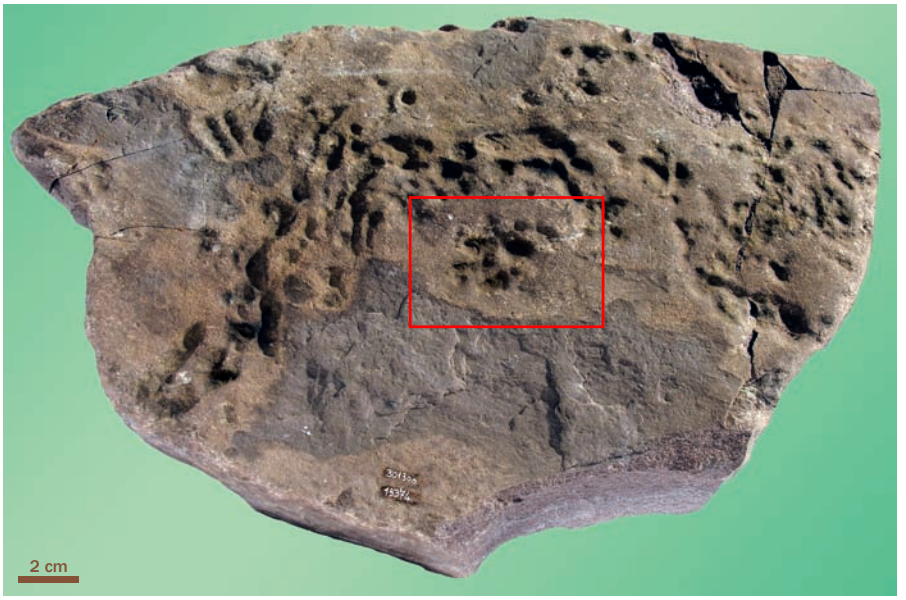
*Inquadramento geologico-stratigrafico*

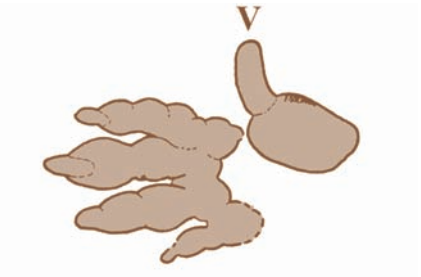
Il Triassico inferiore, diviso in due Età - Induano e Olenekiano - della durata complessiva di poco meno di sei milioni di anni, è rappresentato in Friuli dalla sola Formazione di Werfen. Questa unità, potente in Carnia oltre 700 metri, è suddivisa in otto membri e orizzonti, formati prevalentemente da calcari, arenarie e siltiti. Spicca tra tutti il Membro di Campil, a causa del suo elevato spessore (oltre 200 metri) e del caratteristico colore rosso-violaceo delle arenarie e siltiti che lo compongono. L'ambiente di deposizione della Formazione era marino di acque basse e talvolta lagunare, a sedimentazione mista carbonatica e terrigena, con la prevalenza di quest'ultima componente durante la deposizione del Membro di Campil. Infatti, sulle superfici degli strati arenacei sono comuni le increspature - *ripple marks* - che si formano nel sedimento sabbioso a causa del moto ondoso e delle correnti quando la profondità del fondale è di pochi metri al massimo.

La Formazione di Werfen affiora in modo esteso in tutta la Carnia a settentrione della Valle del Tagliamento, come pure nel Pontebbano e nelle Alpi Giulie; ad ovest arriva fino al Veneto occidentale ed al Trentino. Gli spessori maggiori si hanno proprio in Carnia, mentre nelle Dolomiti occidentali la potenza complessiva della Formazione è meno della metà (circa 300 m).

*Paleogeografia*

All'inizio del Triassico - più precisamente al tempo della deposizione del Membro di Campil - il Friuli e le zone contermini erano ricoperte da un mare poco profondo. Nella zona che si estende dal Tarvisiano al Cadore, sul fondale marino si accumulavano sabbie e limi provenienti dallo smantellamento di una zona emersa situata a meridione e trasportate verso nord dai fiumi. Più ad occidente la deposizione era simile, ma la zona emersa era situata nel Recoarese in provincia di Vicenza. Tutte queste isole furono coperte dal mare prima della fine del Triassico inferiore e la deposizione di sabbie derivate dall'erosione di rocce esposte agli agenti atmosferici, conseguentemente, si ridusse drasticamente.



**40 >** I presunti icnofossili di Studena (Pontebba). Sopra: il reperto. Sotto a destra: la traccia più definita e potenzialmente identificabile come un'orma di tetrapode. Sotto a sinistra: disegno di un'orma della zampa posteriore "chiroteroide".

STUDENA (PONTEBBA) - Una lastra con numerose depressioni lunghe uno-due centimetri (Fig. **40**) è stata trovata nelle siltiti rossastre che affiorano vicino a Studena nei pressi di Pontebba ed appartengono al Membro di Campil. Per CONTI et al. (2000) si tratta di un insieme di piste che si sovrappongono parzialmente e sono probabilmente riferibili ad "*arcosauri con piede relativamente evoluto e funzionalmente tridattilo*".

È evidente che una sola tra le numerose depressioni ha una morfologia ben definita e sembra presentare l'impronta di quattro dita (Fig. **40**). Non ci sono sulla lastra orme chiaramente tridattili. Inoltre, gli "arcosauri" funzionalmente tridattili non erano ancora presenti nel Triassico inferiore: non ne abbiamo alcuna testimonianza fossile nelle ricche faune coeve del Sud Africa. Il reperto di Studena ricorda, invece, l'orma della zampa posteriore delle piste "**chiroteroidi**" in cui l'impressione del dito interno non è conservata e il dito mediano (il terzo dito) è più lungo degli altri. Le piste chiroteroidi sono state prodotte da animali quadrupedi con una zampa posteriore pentadattile e da una zampa anteriore sensibilmente più piccola e pure pentadattile. La traccia del dito esterno (dito V) della zampa posteriore è caratteristicamente situato molto indietro nell'orma ed è rivolto lateralmente, similmente, ma all'opposto, rispetto a quanto accade al pollice della

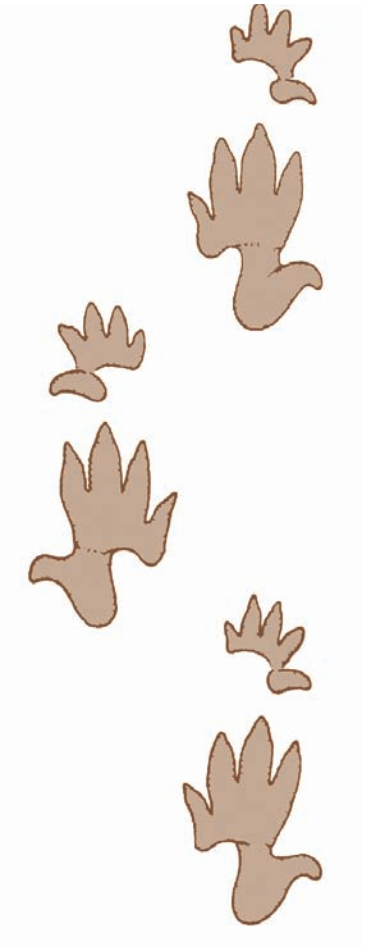
**MESOZOIKUM (vor 252,6-66 Millionen Jahren)**
Während der ersten Periode des Mesozoikums, der Trias, die circa 50 Millionen Jahre dauerte, befand sich das friulanische Gebiet am Rande der Pangäa. Diese riesige Festlandformation, die während der herzynischen Gebirgsbildung durch das Verschmelzen von kleineren Kontinenten entstand, war in einen nördlichen Teil, Laurussia, und einen südlichen Teil, Gondwana, aufgeteilt. Den östlichen Rand von Pangäa durchschnitt ein enormer Meeresgolf, wo das Tethysmeer zwischen die zwei Teile des Megakontinentes eindrang. Der Krustenabschnitt, der heute das Friaul bildet, befand sich damals an der östlichen Längsseite des Megakontinentes, auf Höhe des Südrandes von Laurussia, im weitläufigen, seichten Übergangsbereich des Meeres zwischen Festland und Tethys.
Die friulanische Trias-Gesteinsabfolge, die Tausende von Metern mächtig ist und oft zahlreiche Fossilien enthält, bezeugt die Wandlung von Umwelt und Biologie, die in diesem Randbereich des Megakontinentes vor sich gingen.

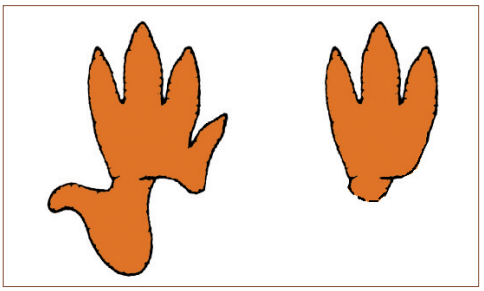
**Untertrias (vor 252,6-247,2 Millionen Jahren)**
***Geologisch-stratigrafische Einordnung***
Die Untertrias, die sich in zwei Zeitabschnitte, nämlich Indusium und Olenekium, unterteilt und die insgesamt wenig mehr als 6 Millionen Jahre dauerte, wird im Friaul nur durch die Werfen Formation vertreten. Diese Einheit, die in Karnien mehr als 700 Meter mächtig ist, ist in acht Schichtglieder und Horizonte unterteilt, die vor allem aus Kalk-, Sand- und Schluffsteinen bestehen. Hierbei fällt das Campill Member durch seine große Mächtigkeit (mehr als 200 Meter) und seine charakteristische Rot-Violett-Färbung der Sand- und Schluffsteine auf. Die Ablagerungen erfolgten im seichten Meeres- und manchmal Lagunenumfeld, mit einem Gemisch aus karbonathaltigen und terrigenen Lockersedimenten, wobei letztere Komponente während der Ablagerung der Campill-Schichten vorrangig war. Tatsächlich kommen auf den Oberflächen der Sandsteinschichten häufig Kräuselungen, sogenannte *ripple marks* vor, die sich in den sandigen Lockersedimenten durch die Wellen- und Strömungsbewegung bilden, wenn die Tiefe des Meeresbodens höchstens wenige Meter beträgt. Die Werfen-Formation kommt in ganz Karnien in weiten Bereichen nördlich des Tagliamento-Tales, sowie in der Gegend von Pontebba und in den Julischen Alpen vor. Im Westen reicht sie bis Ostvenetien und ins Trentino. Die größten Mächtigkeiten treten tatsächlich in Karnien auf, während die Gesamtmächtigkeit der Formation in den Ost-Dolomiten weniger als die Hälfte beträgt.

***Paläogeographie***
Zu Beginn der Trias waren das Friaul und die angrenzenden Gebiete von einem seichten Meer bedeckt: Auf dem Meeresgrund häuften sich Sand und Schlamm an, die vom Abbau eines Landbereichs stammten, der sich im Süden befand. Diese Materialien wurden von den Flüssen nach Norden transportiert. Weiter im Osten war die Ablagerung ähnlich, aber der Landbereich befand sich in der Gegend von Recoaro in der Provinz Vicenza. All diese Inseln wurden vor Ende der Untertrias bedeckt und folglich nahm die Ablagerung von Sand drastisch ab, der von der Erosion von Gesteinen stammte, die den Umwelteinflüssen ausgesetzt waren.

Studena (Pontebba) - Eine Platte mit zahlreichen ein-zwei Zentimeter langen Vertiefungen (Abb. **40**) wurde in den rötlichen Schluffsteinen gefunden, die in der Nähe von Studena bei Pontebba aufragen und zu den Campill-Schichten der Werfen-Formation gehören. Für Conti et al. (2000) handelt es sich um einen Satz von Spuren, die sich zum Teil überlappen. Sie sind vermutlich zurückführbar auf *„Archosauria mit einem ziemlich entwickelten Fuß, der funktionell tridactyl ist“*.
Es ist offensichtlich, dass nur eine der zahlreichen Vertiefungen eine gut definierte Morphologie aufweist und den Abdruck von vier Zehen darzustellen scheint (Abb. **41**). Auf der Platte befinden sich keine klar tridactylen Spuren. Außerdem gab es die funktionell tridactylen „Archosauria“ noch nicht in der Untertrias. Das Fundstück von Studena erinnert dagegen an die Spur des Hinterbeins der *„**Chirotherium**“*- Fährten, bei denen der Abdruck der inneren Zehe nicht konserviert ist und die mittlere Zehe (die dritte Zehe) länger ist als die anderen Zehen. Die *„Chirotherium“*-Fährten wurden von vierbeinigen Tieren mit einem pentadactylen Hinterfuß und einem wesentlich kleineren ebenfalls pentadactylen Vorderfuß gebildet. Der Abdruck der äußeren Zehe (Zehe V) des Hinterfußes ist bei der Spur charakteristischerweise sehr weit zurückgesetzt und seitenverkehrt, ähnlich, aber genau umgekehrt, wie dies beim Daumen unserer Hand passiert (Abb. **41**). Spuren dieser Art sind in der gesamten Trias üblich. Im Jura finden sie sich allerdings nicht mehr.

**41 >** Orme chiroteroidi. A sinistra: una pista chiroteroide. A destra: orma della zampa posteriore di *Isochirotherium delicatum* dall'Anisico di Passo Palade/ Gampenpass (Bolzano/Bozen). Sotto a destra: come un'orma chiroteroide della zampa posteriore parzialmente conservata possa risultare tridattila.





Deshalb vermutet man, dass der *track maker* am Ende der Trias ausgestorben ist. Im Allgemeinen werden sie den vierfüßigen Crurotarsiern und Archosauriern zugeschrieben. Die Fährten mit niedrigem Schrittwinkel (enge Fährten) beziehen sich oft auf die Rauisuchia, gewandte Fleischfresser, während die mit höherem Winkel den Aetosauria zugeschrieben werden, ruhigen Pflanzenfressern mittlerer bis großer Größe, denen wir später begegnen werden.
Heute wird es für möglich gehalten, dass es sich nicht tatsächlich um eine Spur, sondern eine zufällige Kombination kleiner Vertiefungen handelt, die keine biogenen Ursachen haben, wie die Differenzialerosion von Gestein. Wenn es sich tatsächlich um ein Ichnofossil handelt, so war der Fährtenerzeuger zweifelsohne ein kleiner Tetrapode. Allerdings ist es äußerst schwierig, seine Identität ohne weitere Fundstücke zu bestätigen.

Spuren kleiner Tetrapoden sind, wenn auch eher selten, dennoch in der Werfen Formation gefunden worden. Zwei Abdrücke, die auf Reptilien bescheidener Abmessungen, vielleicht Archosauria, zurückzuführen sind, sind Mitte des vergangenen Jahrhunderts in Südtirol, in Gröden bzw. in der Val Travignolo gefunden worden (Leonardi, 1968).
Auf Abdrücke von *Rhynchosauria* cf. *schochardti* Lilienstern, 1939 sind von Mietto (1986) in der Umgebung von Recoaro (Vicenza) hingewiesen worden. Nicosia et al. (2005) haben sogar über das Auffinden von Spuren von „kleinen eidechsenartigen Reptilien" und „Amphibien und Reptilien bescheidener Größe" in Trentino-Südtirol berichtet, die damals gerade erforscht wurden. Avanzini & Mietto (2008) erwähnen auch die Präsenz von *Rhynchosauria* aff. *palmatus* Lull, 1942 und von *Capitosauroidea* cf. *bernburgensis* Hauboldt, 1971.

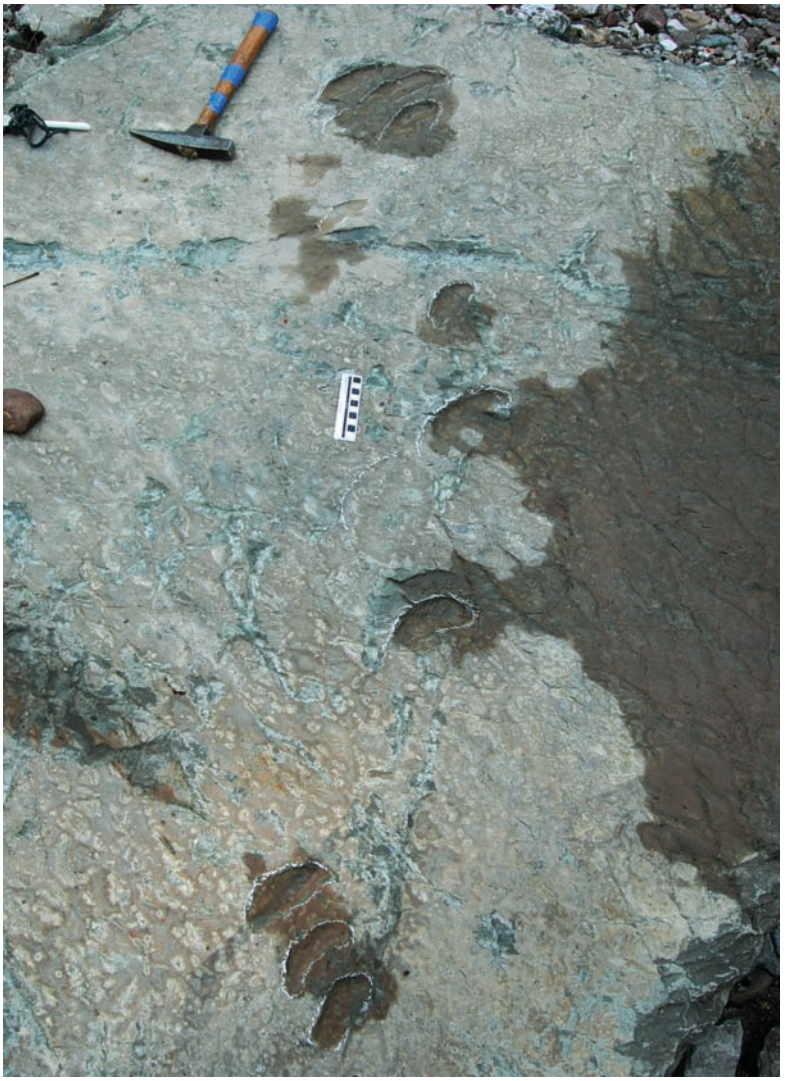
nostra mano (Fig. **41**). Le orme di questo tipo sono comuni in tutto il Triassico, ma nel Giurassico non si trovano più, quindi si suppone che il loro autore si sia estinto alla fine del Triassico. Sono generalmente attribuite a "rettili" arcosauri crurotarsi quadrupedi; le piste con angolo del passo elevato ("piste strette") sono spesso riferite ai "rauisuchi" - carnivori e più agili - mentre quelle con angolo più basso sono ritenute il prodotto della deambulazione degli etosauri, tranquilli vegetariani di dimensioni medio-grandi che incontreremo più avanti.

Oggi sono propenso a ritenere possibile che non si tratti realmente di un'orma, ma di una combinazione casuale di piccole depressioni dovute a cause non biogene, come l'erosione differenziale della roccia. Se è realmente un icnofossile, l'autore era indubbiamente un piccolo tetrapode terrestre, ma confermare la sua identità senza ulteriori reperti è cosa ardua.

Orme di piccoli tetrapodi, seppure piuttosto rare, sono comunque state trovate nella Formazione di Werfen. Due impronte riferibili a "rettili" di modeste dimensioni, forse arcosauri, sono state rinvenute a metà del secolo scorso in Alto Adige/Südtirol, rispettivamente nella Val Gardena e nella Val Travignolo (Leonardi, 1968). Impronte riferite a *Rhynchosauroides* cfr. *schochardti* Lilienstern 1939 sono state segnalate da Mietto (1986) nella Breccia di M. Naro nei dintorni di Recoaro (Vicenza). Nicosia et al. (2005) hanno riportato pure il rinvenimento in Trentino-Alto Adige di tracce di "piccoli rettili lacertoidi" e di "anfibi e rettili di modeste dimensioni", che al tempo erano in fase di studio. Avanzini & Mietto (2008) menzionano anche la presenza di *Rhynchosauroides* aff. *palmatus* Lull 1942 e di *Capitosauroides* cf. *bernburgensis* Hauboldt 1971.

**42 >** Pierabech: il masso sul greto del Rio di Avanza.

Pierabech (Forni Avoltri) - Nel 2012 Don Carlo Gervasi ha notato che un grande masso localizzato sul greto del Rio di Avanza poco a monte della sua confluenza nel Torrente Degano (Fig. **42**) presenta una serie di depressioni sulla superficie esposta che potrebbero essere icnofossili e ha segnalato il ritrovamento al Museo Friulano di Storia Naturale di Udine. Ad una prima ispezione preliminare il masso sembra composto di calcare grigio-verde debolmente laminato, in strati piano-paralleli di spessore decimetrico e dai giunti poco marcati. Le montagne che formano i versanti del rio e dei suoi affluenti sono costituite da formazioni paleozoiche e triassiche: metacalcari e marmi del paleozoico inferiore, il Conglomerato di Sesto (Permiano ?Medio-Superiore), le Arenarie di Val Garde-



**43** > Pierabech: la sequenza di strutture conservata sulla superficie del masso. A destra il disegno interpretativo (si consideri che è basato sulla figura di sinistra che è presa in prospettiva).

Pierabech (Forni Avoltri) - Im Jahr 2012 bemerkte Don Carlo Gervasi, dass ein großer Felsblock im Flussbett des Rio di Avanza, kurz oberhalb seines Zusammenflusses mit dem Torrente Degano (Abb. **42**), eine Reihe von Vertiefungen auf der freiliegenden Oberfläche aufweist, die Ichnofossilien sein könnten und hat diesen Fund dem Friulanischen Museum für Naturgeschichte in Udine gemeldet. Bei einer ersten Untersuchung schien der Felsblock ein grau-grünlicher, laminierter Kalkstein zu sein mit einer Dicke von etwa zehn Zentimetern. Die Berge, die den Bach und seine Zuflüsse abgrenzen, bestehen aus Formationen des Paläozoikums und der Trias (Venturini et al., 2001). Wenn man die Lithologie des Felsblocks betrachtet und annimmt, dass die Strukturen auf seiner Oberfläche Tetrapoden-Spuren sind, so scheint der Block aus der Werfen Formation zu stammen.
Auf der Oberfläche des Felsblocks beobachtet man eine Abfolge von aufgereihten Vertiefungen in verlängerter Nieren- oder Wurstform (Abb. **43**). An jedem Sequenzende gibt es eine Gruppe mit jeweils

**44 >** Particolare delle tre depressioni conservate ad una estremità della sequenza.

**45 >** Sotto, pista di seminuoto di un dinosauro teropode nel Cretaceo inferiore della Spagna. Da EZQUERRA et al. (2010), modificato.

na, la Formazione a *Bellerophon*, la Formazione di Werfen, il Membro dell'Arvenis della Formazione del Serla (Anisico) e la Dolomia del Popera (Anisico) (VENTURINI et al., 2001). Data la litologia del masso e ipotizzando che le strutture sulla sua superficie siano tracce di tetrapodi, sembra più probabile la provenienza dalla Formazione di Werfen.

Sulla superficie del masso si osserva una sequenza di depressioni allineate a forma di rene allungato o di salsiccia (Fig. **43**). A ciascuna estremità della sequenza ce n'è un gruppo di tre tra loro parallele (Fig. **44**) e disposte diagonalmente rispetto all'allineamento, mentre nel mezzo ce ne sono altre cinque singole; ciascuna è più profonda lungo il lato convesso e la loro lunghezza è dell'ordine dei 10 cm.

È evidente che, se si tratta di icnofossili, non corrispondono ad una "normale" pista di deambulazione di un animale bipede o quadrupede. L'unica possibilità è che rappresentino una pista di seminuoto, vale a dire lasciata da un animale che nuotava in acque basse e

**46 >** Depressioni lasciate da un oggetto trasportato in modo intermittente ("a salti") dalle correnti di marea sulla piana tidale di Grado (Gorizia).

drei untereinander parallelen Vertiefungen (Abb. **44**). Sie sind auch quer zur Ausrichtung angeordnet, während sich in der Mitte weitere fünf Einzelne befinden. Jede ist an der konvexen Seite länger und ihre Länge beträgt in etwa 10 cm.
Es ist offensichtlich, dass es sich, wenn es sich um Ichnofossilien handelt, nicht um eine „normale“ Fortbewegungsfährte eines zwei- oder vierbeinigen Tiers handelt. Es könnte sich vielmehr um eine halb schwimmende Fährte handeln, d. h. die von einem Tier hinterlassen wurde, das im seichten Wasser schwamm und den Grund manchmal mit drei Zehen, manchmal mit nur einer Zehe oder mit der Spitze der Pfote berührte. Die Zehenabdrücke sind bei jeder Spur typisch parallel. In der Literatur wurden zahlreiche Beispiele von Fährten dieser Art erwähnt (Abb. **45**). Im Fall der Spuren von Pierabech hätte es sich, angesichts der Spurgrößen, um einen ziemlich großen Tetrapoden gehandelt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass es sich um Abdrücke handelt, die von einem auf dem Meeresboden von den Strömungen ruckweise geschleppten Gegenstand stammen. Dies ist ein Phänomen, das man bei den derzeitigen Wattflächen beobachten kann (Abb. **46**): Die Turbulenz, die um einen Gegenstand entsteht, der ein zusammenhängender Lehmklumpen oder ein Stein sein kann, bildet rundum eine halbmondförmige Vertiefung. Wenn dann die Strömung eine gewisse Stärke überschreitet, kann der Gegenstand bewegt werden und an seiner Stelle verbleibt die Vertiefung. Dieser Prozess wiederholt sich mehrmals und das Endergebnis sind eine Reihe von halbmondförmigen Vertiefungen, die in Strömungsrichtung aufgereiht sind. Der Gegenstand befindet sich dabei an einem Ende der Reihe.

## Mitteltrias (Anisium und Ladinium; vor 247,2-235 Millionen Jahren)

### *Geologisch-stratigrafische Einordnung*

Der stratigrafische Rahmen der Mitteltrias im Friaul ist ziemlich komplex. In Karnien besteht der untere Teil des Anisiums aus der Sarlkofel Formation, die in einem seichten Meeresumfeld (Lagune, Wattflächen, usw.) mit Karbonat-Sedimentation abgelagert wurde. Diese Umgebung blieb vor Ort fast bis zum Ende des Anisiums (Popera Dolomit) erhalten. Einige Bereiche waren bereits vor der Mitte des Anisiums zu Festland geworden, wie die Präsenz von Sedimentvertiefungen und konglomeratischen Körpern bezeugt, die sich im Flussdeltaumfeld gebildet hatten und Ablagerungen in Flussrinnen und Auen darstellen. Während des Oberanisiums kam es zu einer Zerstückelung der Plattform und einer Reduzierung der Karbonatablagerung. Stellenweise sank die Plattform ein und es lagerten sich Lockersedimente aus den Becken und Meeresbereichen ein. Sie bilden heute die Dont Formation, Bivera Formation und Ambata Formation. Zum Ende des Anisiums gab es in Ostkarnien und in der Gegend von Pontebba mehr oder weniger tiefe Beckenumfelder mit vor allem siliziklastischen Ablagerungen („Turbidite von Aupa“).
In einigen Bereichen Karniens blieb die Beckenumgebung auch im nachfolgenden Ladinium erhalten (Buchenstein und Wengen-Formation), während sich in Anderen eine mächtige Karbonatabfolge vom seichten Meer bildete, die sich auch auf die Gegenden von Tarvisio und Pontebba ausbreitete (Schlern-Dolomit). Während des Ladiniums versank die Karbonatplattform in Westkarnien und es bildeten sich knotige Kalksteine aus der Meereshochebene (Kalksteine des Clapsavon). Im Gebiet von Forni di Sotto gibt es sogar Spuren von submarinen vulkanischen Ergüssen aus dem Oberladinium. (Basalte und Hyaloklastite).

### *Paläogeographie*

Während der circa 12 Millionen Jahre der Mitteltrias zeichnete sich die Geografie des nördlichen Friauls durch besondere Instabilität und Veränderlichkeit des Klimas aus. Im Grunde genommen wechselten sich zwei Bereiche in Zeit und Raum ab: Die Karbonatplattform, die von einem seichten Meer abgedeckt war und die mehr oder weniger tiefen Meeresbecken. Stellenweise gab es auch seichte Meeresbereiche mit terrigenen Ablagerungen.
Es gab Festland ohne jegliche Ablagerung und manchmal Überschwemmungsgebiete, weitläufige überirdische Schuttkegel, Deltakegel und tatsächliche Deltamündungen. In den seichten Meeresgebieten bildeten sich geschützte Bereiche, wie Lagunen und Wattflächen und „offene“ oder Rand-Bereiche, in Richtung des Beckens, mit unruhigeren Gewässern. Von den Platten ging man über mehr oder weniger steile Abhänge zu tiefen Meeresbereichen, den Becken, über. Aufgrund der Dynamik der Erdkruste, die unter Spannung stand und sich folglich stellenweise differenziert absetzte (Unterteilung in Blöcke, die langsam, aber jeweils mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und zu verschiedenen Zeiten versanken) konnten die Platten zusammenbrechen und ihrerseits zu Becken oder Meereshochebenen werden, d. h. zu Untermeeres-Hochebenen, die sich wenige Hundert

toccava il fondale a volte con tre dita a volte con un dito solo o con il margine della zampa. Le impronte delle dita sono tipicamente parallele in ciascuna orma. In letteratura sono stati riportati numerosi esempi di piste di questo tipo (Fig. **45**). Nel caso delle tracce di Pierabech, date le dimensioni delle orme, si sarebbe trattato di un tetrapode piuttosto grande. Un'altra possibilità è che siano impronte prodotte da un oggetto trascinato a scatti sul fondale dalle correnti. È un fenomeno che si può osservare nelle piane di marea attuali (Fig. **46**): attorno ad un oggetto - che può essere un grumo di fango coerente o un sasso - la turbolenza creata attorno all'oggetto forma una depressione a mezzaluna tutt'intorno poi quando la corrente supera una certa soglia riesce a spostare l'oggetto e al suo posto rimane la depressione; il processo si ripete più volte ed il risultato finale è una serie di depressioni a mezzaluna in fila nel verso della corrente e con l'oggetto ad una estremità della serie.

## Triassico medio (Anisico e Ladinico; 247,2-235 milioni di anni fa)

*Inquadramento geologico-stratigrafico*

Il quadro stratigrafico del Triassico medio in Friuli è piuttosto complesso. In Carnia, la parte inferiore dell'Anisico è costituita dalla Formazione del Serla depositata in un ambiente di mare basso (laguna, piana tidale, ecc.) a sedimentazione carbonatica. Tale ambiente continuò ad esistere localmente fino quasi alla fine dell'Anisico (Dolomia del Popera). Alcune zone erano emerse già prima della metà dell'Anisico, come testimoniano la presenza di lacune sedimentarie e di corpi conglomeratici formati in ambiente continentale e più precisamente fluvio-deltizio (in ordine stratigrafico, Conglomerato di Piz da Peres, Conglomerato di Voltago e Conglomerato di Richtofen) che rappresentano depositi di canale distributore e di piana fluviale. Durante l'Anisico superiore si verificò uno smembramento della piattaforma e una riduzione della sedimentazione carbonatica. Localmente la piattaforma sprofondò e si depositarono sedimenti bacinali e di altofondo pelagico rappresentati dalla Formazione di Dont, dalla Formazione del Bivera e dalla Formazione dell'Ambata. Alla fine dell'Anisico, nella Carnia orientale (Rio dell'Ambruseit) e nel Pontebbano erano presenti ambienti bacinali più o meno profondi con deposizione prevalentemente silicoclastica ("torbiditi d'Aupa").

In alcune zone della Carnia l'ambiente bacinale rimase tale anche nel successivo Ladinico (Formazione di Buchenstein e Formazione di Wengen), mentre in altre si formò una potente corpo di piattaforma carbonatica, vale a dire di mare basso, che si estendeva anche nel Tarvisiano e nel Pontebbano (Dolomia dello Sciliar/Schlern). Durante il Ladinico, nella Carnia occidentale la piattaforma carbonatica sprofondò e si formarono calcari nodulari di altofondo pelagico (Calcari del Clapsavon). Nella zona di Forni di Sotto si hanno pure tracce di effusioni vulcaniche sottomarine del Ladinico superiore (rappresentate da basalti e ialoclastiti).

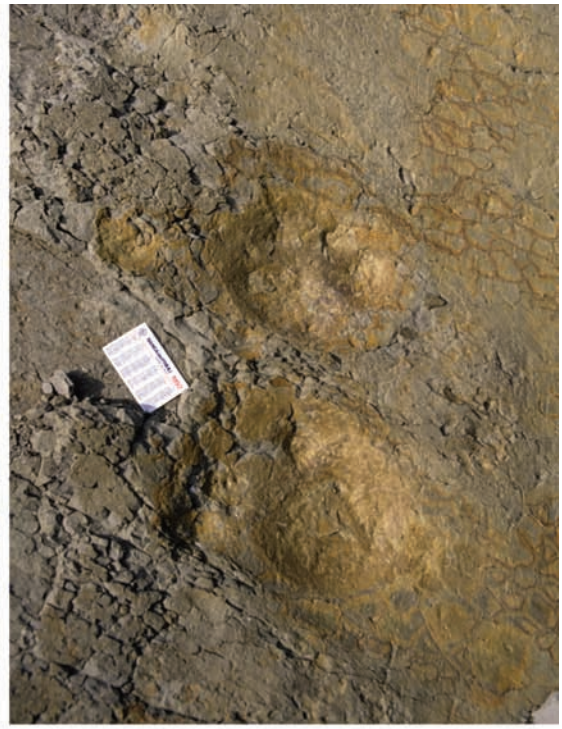
*Paleogeografia*

Durante i circa 12 milioni di anni di durata del Triassico medio la geografia del Friuli settentrionale fu caratterizzata da una notevole instabilità e variabilità nel tempo. Fondamentalmente gli ambienti che si alternarono nel tempo e nello spazio furono due: la piattaforma carbonatica coperta da un mare basso e i bacini marini più o meno profondi. Vi erano,

localmente, anche zone di mare basso con sedimentazione terrigena (fanghi e sabbie non costituite da carbonato di calcio), zone emerse in cui non si aveva alcuna sedimentazione e talvolta piane alluvionali, ampi conoidi detritici subaerei, delta-conoidi e apparati deltizi veri e propri. Nelle zone di mare basso si instauravano ambienti "protetti" - lagunari e di piana tidale - e zone "aperte" o marginali - verso il bacino - con acque più agitate in cui si sviluppavano banchi di organismi gregari (come i bivalvi) o barre sabbiose. Dalle piattaforme si passava a zone di mare profondo - i bacini - attraverso pendii più o meno ripidi.
A causa della dinamica della crosta terrestre, in tensione e quindi localmente in subsidenza differenziale (vale a dire che era suddivisa in "blocchi" che sprofondavano lentamente ma ciascuno con velocità diversa e variabile nel tempo), le piattaforme potevano collassare e divenire a loro volta bacini o altofondi marini, vale a dire altopiani sottomarini posti da pochi a centinaia di metri sotto il livello marino, lontano da zone emerse o di mare basso (fonti del sedimento) e sui quali la deposizione avveniva molto lentamente per scarsità di apporti sedimentari. Quando sulla piattaforma carbonatica la produzione di carbonato di calcio da parte degli organismi era abbondante e il tasso di sedimentazione era maggiore della subsidenza (l'abbassamento del fondale marino risultante dai movimenti verticali della crosta terrestre) il bacino era via via riempito da sedimenti ed infine colmato. Se il tasso di sedimentazione era minore della subsidenza locale, il mare sulla piattaforma diventava sempre più profondo e alla fine quest'ultima "annegava". Il complesso gioco di sprofondamento e sedimentazione, diverso da zona a zona, unito alle variazioni eustatiche (globali) del livello marino, ha prodotto in Friuli nel corso del Triassico medio un quadro ambientale, e quindi stratigrafico, piuttosto variegato e complesso.
Durante l'Anisico si sono verificati - in Friuli come nel resto dell'Italia nordorientale - più eventi di emersione testimoniati, come già visto, soprattutto da brecce e conglomerati. Alla fine dell'Anisico, il Tarvisiano e il Pontebbano erano in parte emersi, con conseguente deposizione terrigena (ghiaie, sabbie e limi) ai margini dell'area esposta agli agenti atmosferici. Si ritiene che questa terra, denominata Dorsale Paleocarnica anisica, si estendesse in senso est-ovest per circa 35 km nel momento di massima espansione, ma proseguisse in modo discontinuo per un centinaio di chilometri fino al Cadore e fosse larga - in senso nord-sud - circa 25-30 km. Si verificò pure una discreta attività vulcanica durante il Ladinico (testimoniata anche da ignimbriti nel Tarvisiano) e soprattutto durante l'Anisico superiore con la produzione di lave, ignimbriti (i depositi originati dalle "nubi ardenti") e tufi.

Val Aupa - Orme fossili sono state più volte segnalate per via orale nelle "torbiditi d'Aupa" che affiorano lungo la omonima vallata delle Alpi Tolmezzine orientali. Le "torbiditi d'Aupa" sono un'alternanza di peliti ed areniti potente fino a 350 metri e datata all'Anisico sommitale-Ladinico basale. Mentre un tempo le si riteneva un deposito esclusivamente di

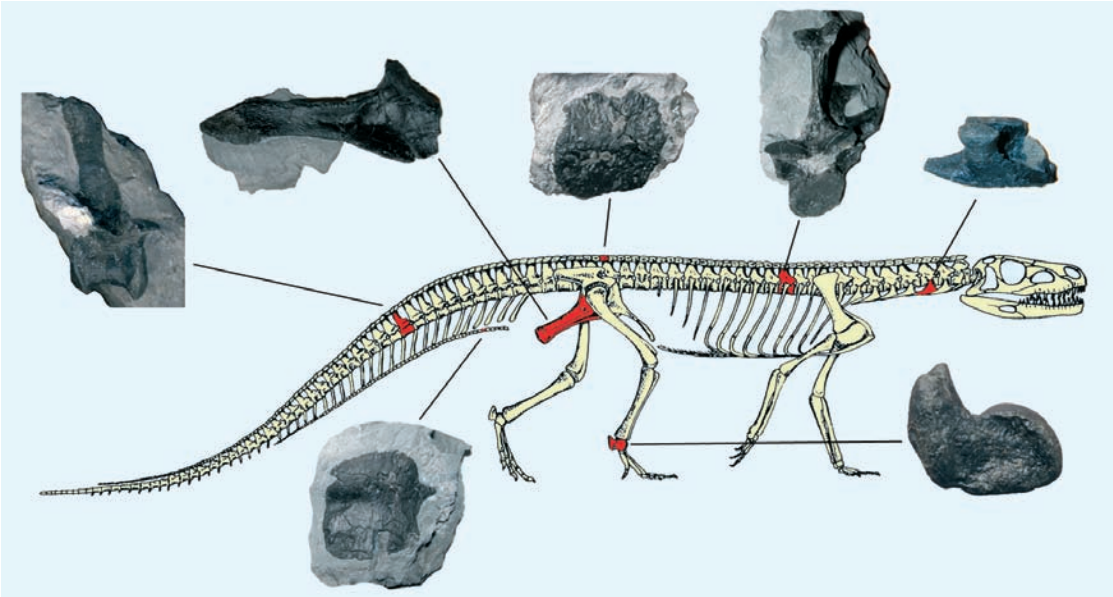
**47 >** Val Aupa: le strutture che potrebbero essere icnofossili, oppure strutture sedimentarie causate dal trascinamento di oggetti sul fondale. Sopra a sinistra, le superfici che conservavano le strutture alla fine degli anni '70 del secolo scorso. Sopra a destra, particolare delle strutture. Sotto a sinistra, le superfici che conservavano le strutture tra la fine degli anni '80 e l'inizio dei '90 del secolo scorso. Sotto a destra, particolare delle strutture.



Meter unter dem Meeresspiegel, weit entfernt von Festland oder seichten Meeresbereichen (Sedimentquellen) befanden. Durch den Mangel an Sedimentzufuhr erfolgten Ablagerungen nur sehr langsam. Wenn auf der Karbonatplattform die Produktion von Kalziumkarbonat durch die Organismen reichhaltig war und die Sedimentationsgeschwindigkeit größer war als die Absenkung des Meeresgrunds, die durch die Vertikalbewegungen der Erdkruste entsteht, so wurde das Becken nach und nach mit Lockersedimenten gefüllt und schließlich überhäuft. Wenn die Sedimentationsgeschwindigkeit geringer war als die lokale Absenkung, so wurde das Meer auf der Platte immer tiefer und am Ende „ertrank" es. Das komplexe Spiel von Absinken und Sedimentation in Verbindung mit den (globalen) eustatischen Variationen des Meeresniveaus, hat im Friaul in der Mitteltrias ein ziemlich vielfältiges und komplexes Bild der Umwelt und folglich der Stratigraphie ergeben.
Am Ende des Anisiums waren die Gegenden von Tarvisio und Pontebba zum Teil Festland, was folglich terrigene Ablagerungen (Kies, Sand und Schlamm) am Rand der Bereiche mit sich brachte, die den Umweltbedingungen ausgesetzt waren. Man meint, dass dieses Gebiet, der sogenannte 'Dorsale Paleocarnica Anisica' (Paläokarnische Hauptkamm aus dem Anisium) sich an der weitesten Ausdehnung auf 35 km Länge in Ost-West-Richtung ausbreitet, dann allerdings unregelmäßig über circa Hundert Kilometer bis zur Cadore-Tallandschaft in Nord-Süd-Richtung mit einer Breite von 25 - 30 km weiterläuft. Während des Ladiniums und insbesondere während des Oberanisiums kam es sogar zu einer diskreten Vulkantätigkeit durch den Ausstoß von Lava, Ignimbriten (Ablagerungen, die durch „heiße Wolken" verursacht wurden) und Tuffsteine.

Aupatal - Fossilspuren wurden öfters mündlich in den „Turbiditen von Aupa" angezeigt, die entlang des gleichnamigen Tals der östlichen Alpen von Tolmezzo auftreten. Die „Turbidite von Aupa" sind eine Abfolge von bis zu 350 m mächtigen Sandsteinen, die auf Oberanisium-Unterladinium datiert werden. Während man sie einst ausschließlich für eine Ablagerung aus den Meerestiefen hielt (wie der Name „Turbidit" bezeugt), suggerieren sedimentologische (Farabegoli et al., 1985) und paläontologische Beweise (Dalla Vecchia, 2006), dass die Sedimentanhäufungen, die von der Erosion des paläokarnischen Hauptkammes stammen, manchmal in das Becken vordrangen, so dass dessen Tiefe zumindest stellenweise erheblich abgesenkt wurde. Die Präsenz von Tetrapoden-Spuren steht folglich nicht mit den Neuinterpretationen des Ablagerungsgebiets dieser Einheit in Kontrast. Tatsächlich wurden fossile Knochen von Crurotarsi-Archosauria gefunden, Tieren, die im Allgemeinen in der Trias das Festland bewohnten (Abb. **49**).
Die schnelle Abfolge von dünnen und leicht erodierbaren Schichten von Sandgesteinen macht das „Leben" der vorhandenen Strukturen auf den freiliegenden Flächen der Schicht ziemlich kurz. Denn die Spuren, von denen man am Ende der '70er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts sprach, sind ebenso seit einiger Zeit verschwunden, wie die zu Beginn der '90er-Jahre gefundenen Abdrücke. In allen Fällen gibt es keinen endgültigen Beweis, dass es sich tatsächlich um Spuren handelt, die von Wirbeltieren stammen. Auf Basis der Fotos (Abb. **47**) beobachtet man keine Ausrichtung von Fährten und auch keine klare Morphologie, die eine Beziehung mit den Arten bekannter Abdrücke, wie tridactylen Spuren oder Spuren von *Chirotherium* aufweisen würde. Es könnte sich um Schleifspuren von Gegenständen auf dem Meeresboden oder Vertiefungen handeln, die auf Turbulenzen der Strömungen zum Umgehen von Hindernissen zurückzuführen sind. Auch auf die Austrocknungsflächen des Schlamms (*mud cracks*) ist in dieser Formation nie hingewiesen worden, was suggerieren könnte, dass die Lockersedimente nicht der Luft ausgesetzt waren.

Weitere Orte der Ostalpen aus dem Anisium - Im nahe gelegenen Sappadino (Belluno), hat Venturini (2009) das Auffinden einiger Spuren gemeldet, die dem Ichnogenus *Rhynchosauroides* angehören. Sie befinden sich an den Südhängen des „Col dei Mirtilli" bei der Ortschaft Cima Sappada. Die Fundstücke stammen aus dem oberen Teil des Richthofen-Konglomerates.
Im Rest Nordostitaliens sind die Fossilspuren aus dem Anisium ziemlich häufig. Auf sie wurde in den Pragser Dolomiten (bei Bozen) hingewiesen (*Rhynchosauroides tirolicus* Abel 1926, *Chirotherium* cf. *rex* Peabody 1948, *Brachychirotherium* cf. *parvum* (Hitchcock 1859); Brandner, 1973), im Fassatal (bei Trient) in der Nähe von Campitello (*Rhynchosauroides tirolicus, Chirotherium barthii* Kaup 1835*, Isochirotherium delicatum* Courel & Demathieu 1976*, Brachychirotherium* sp.; Todesco et al., 2008) und in



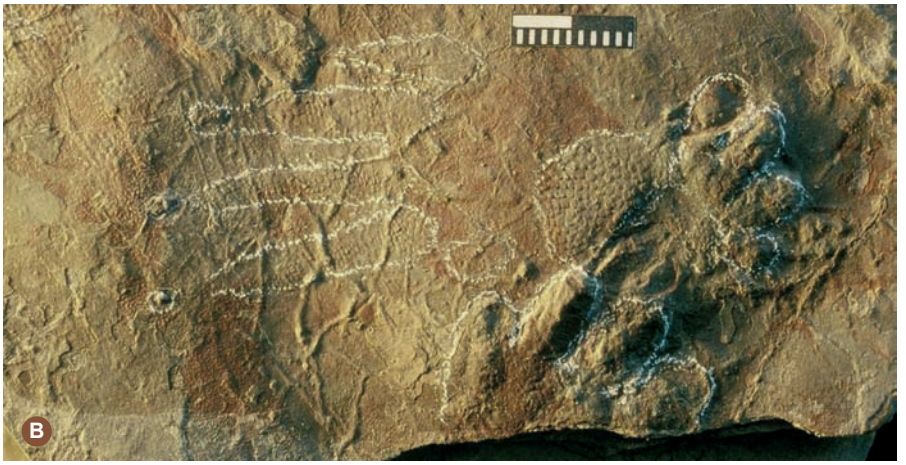
**48 >** Resti ossei di un arcosauro crurotarso rinvenuti nelle "torbiditi d'Aupa" lungo la Val Aupa (da DALLA VECCHIA, 2008).

mare profondo (come testimonia il nome "torbiditi"), evidenze sedimentologiche (FARABEGOLI et al., 1985) e paleontologiche (DALLA VECCHIA, 2006) suggeriscono che gli accumuli di sedimento proveniente dall'erosione della Dorsale Paleocarnica progradassero a volte all'interno del bacino abbassando sensibilmente la sua profondità, almeno localmente. La presenza di orme di tetrapodi non è quindi in contrasto con le nuove interpretazioni dell'ambiente di deposizione di questa unità. Infatti, sono state rinvenute ossa fossili di arcosauri crurotarsi, animali che in genere durante il Triassico vivevano sulle terre emerse (Fig. **48**).

La rapida alterazione delle rocce pelitiche e arenitiche sottilmente stratificate e facilmente erodibili rende piuttosto breve la "vita" delle strutture presenti sulle superfici di strato esposte. Quindi, le orme di cui si parlava alla fine degli anni '70 del secolo scorso, come pure quelle rilevate nei primi anni '90 non ci sono più da un bel pezzo. In tutti i casi, non esiste alcuna prova definitiva che si trattasse realmente di impronte impresse da vertebrati. Sulla base delle foto (Fig. **47**) non si osserva nessuna organizzazione in piste e nemmeno una chiara morfologia che dimostri una relazione con le tipologie di orme note, come quelle tridattili o chiroteroidi. Potrebbe trattarsi di tracce di trascinamento di oggetti sul fondale o depressioni dovute alla turbolenza delle correnti intorno ad ostacoli. Anche i poligoni di disseccamento del fango (*mud cracks*) non sono mai stati segnalati in questa formazione, cosa che suggerirebbe l'assenza di esposizione all'aria dei sedimenti.

ALTRE LOCALITÀ ANISICHE DELLE ALPI ORIENTALI - Nel vicino Sappadino (Belluno), VENTURINI (2009) ha segnalato il rinvenimento di alcune orme riferite all'icnogenere

**48 >** A) *Rhynchosauroides*, Anisico, Piz da Peres (Bolzano/Bozen); B) *Synaptichnium pseudosucoides* Nopcsa 1923, Anisico, Passo Palade/Gampenpass (Bolzano/Bozen), con la traccia della pelle squamosa.



*Rhynchosauroides* alle pendici meridionali del Col dei Mirtilli presso il villaggio di Cima Sappada. I reperti provengono dalla parte alta del Conglomerato di Richtofen.

Nel resto dell'Italia nordorientale, le orme fossili sono relativamente comuni nell'anisico. Sono state segnalate nelle Dolomiti di Braies (Bolzano/Bozen) (Conglomerato di Richtofen; *Rhynchosauroides tirolicus* ABEL 1926, *Chirotherium* cf. *rex* PEABODY 1948, *Brachychirotherium* cf. *parvum* (HITCHCOCK, 1859); BRANDNER, 1973), in Val di Fassa (Trento) vicino a Campitello (Calcare di Morbiac; *Rhynchosauroides tirolicus, Chirotherium barthii* KAUP 1835*, Isochirotherium delicatum* COUREL & DEMATHIEU 1976*, Brachychirotherium* sp.; TODESCO et al., 2008) e nel Recoarese (Formazione a Gracilis; *Parasynaptichnium gracilis* MIETTO 1987 e *Rhynchosauroides*; MIETTO, 1987; CONTI et al., 2000).

In vari affioramenti di età Anisico superiore dell'alta Val di Non e nella Val d'Adige (Trentino e Alto Adige/Südtirol), in particolare quello di Passo Palade/Gampenpass (Conglomerato di Voltago), AVANZINI (2000) e AVANZINI & LEONARDI (2002) hanno segnalato *Rhynchosauroides* (*R. tirolicus*), *Rotodactylus*, *Parasynaptichnium*, *Synaptichnium* (Fig. **48B**)*, Chirotherium*, *Brachychirotherium*, *Isochirotherium* (*I. infernense* AVANZINI & LEONARDI 2002 e *I. delicatum*; Fig. **41**) e possibili orme tridattili di un dinosauromorfo. Talvolta le orme di Passo Palade/Gampenpass conservano l'impronta della pelle squamosa (Fig. **48B**; AVANZINI, 2000). Nel Conglomerato di Voltago a Bad Gfrill vicino Tisens, sempre in Val d'Adige, sono segnalati *Rhynchosauroides, Chirotherium, Rotodactylus* e *Procolophonichnium* (TODESCO & AVANZINI, 2008).

*Rhynchosauroides* (Fig. **48A**) è l'icnogenere di gran lunga più comune nell'Anisico in Italia nordorientale. Era prodotto da piccoli "rettili" dall'aspetto probabilmente lacertoide ed è stato riferito da AVANZINI & RENESTO (2002) ad un *trackmaker* protorosauriano affine al coevo *Macrocnemus*. *Rhynchosauroides tirolicus* è presente anche nel Conglomerato di Richtofen e nel Conglomerato del Tretto a Piz da Peres (Bolzano/Bozen), Eppan e Schwarzbach in Val d'Adige (Bolzano/Bozen), al M. Ozol (Trento), in Val di Creme nel Recoarese (Vicenza) e in Val Fiorentina (Belluno) (AVANZINI & RENESTO, 2002); *Rhynchosauroides* sp. è segnalato anche nella Dolomia del Serla Inferiore e *R. peabodyi* FABER 1958 e *R. tirolicus* nel Calcare di Recoaro (AVANZINI & MIETTO, 2008).

## Triassico superiore: Carnico (235-228 milioni di anni fa)

*Inquadramento geologico-stratigrafico*

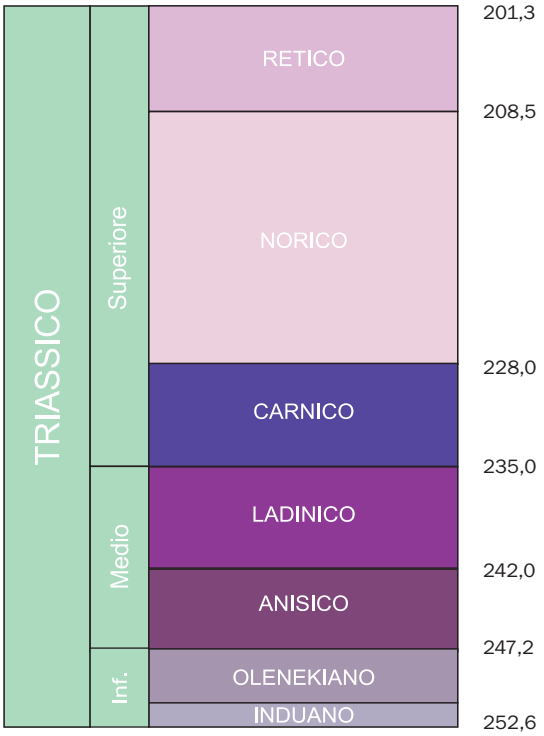
L'intervallo del tempo geologico denominato "Carnico" (Fig. **50**) è importante per il Friuli non solo perché trae il nome della Carnia, ma anche perché presenta un icnosito di grande interesse scientifico.

Il Carnico, come successione di rocce ed intervallo del tempo geologico a sè stante, è stato istituito dal geologo austriaco Edmund MOJSISOVICS VON MOJSVÀR nel 1869 sulla base di affioramenti situati nei pressi del paese di Raibl (oggi Cave del Predil), allora amministrativamente incluso nella regione austriaca della Carinzia. Il nome deriva da un'evidente incomprensione: Mojsisovics aveva considerato quegli affioramenti (*Karnische Stufe*) come parte delle Alpi Carniche, mentre in realtà appartengono alle Alpi Giulie. Anche se il riferimento alle Alpi Carniche

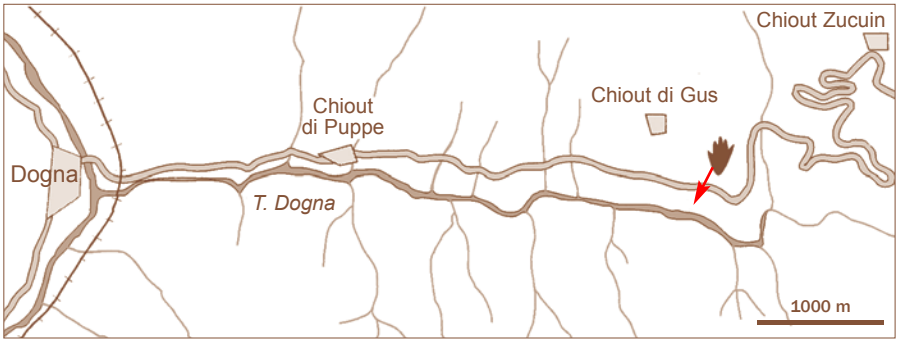
der Gegend von Recoaro (*Parasynaptichnium gracilis* Mietto 1987 und *Rhynchosauroides*; Mietto, 1987; Conti et al., 2000).
In verschiedenen Aufschlüssen aus dem Oberanisium des oberen Nonstales und im Etschtal (Trentino-Südtirol), insbesondere im Aufschluss des Gampenpasses, haben Avanzini (2000) und Avanzini & Leonardi (2002) *Rhynchosauroides* (*R. tirolicus*), *Rotodactylus*, *Parasynaptichnium*, *Synaptichnium* (Abb. **48B**), *Chirotherium*, *Brachychirotherium*, *Isochirotherium* (*I. infernense* Avanzini & Leonardi 2002 und *I. delicatum*; Abb. **41**), sowie auf mögliche tridactyle Spuren eines Dinosauromorpha beschrieben. Mitunter konservieren die Spuren des Gampenpasses den Abdruck der schuppigen Haut (Abb. **48B**; Avanzini, 2000). In Bad Gfrill in der Nähe von Tisens, ebenfalls im Etschtal, wurden *Rhynchosauroides, Chirotherium, Rotodactylus* und *Procolophonichnium* beschrieben (Todesco & Avanzini, 2008).
*Rhynchosauroides* (Abb. **48A**) ist das gängigste Ichnogenus im Anisium in Nordostitalien: Es ist auch im Richthofen-Konglomerat und im Tretto-Konglomerat am Piz da Peres (Bozen), Eppan und Schwarzbach im Etschtal (Bozen), beim Monte Ozol (Trient), im Val di Creme in der Gegend von Recoaro (Vicenza) und im Val Fiorentina (Belluno) vertreten (Avanzini & Renesto, 2002) und tritt auch im Dolomit des unteren Sarlkofels und des Kalksteins von Recoaro auf (Avanzini & Mietto, 2008).

**Obertrias: Karn (vor 235-228 Millionen Jahren)**
***Geologisch-stratigrafische Einordnung***
Der geologische Zeitraum, der mit „Karnium“ (Abb. **50**) bezeichnet wird, ist für das Friaul nicht nur wichtig, weil Karnien so seinen Namen erhält, sondern auch, weil die Gegend eine Ichnofundstätte vorweist, die von großem wissenschaftlichem Interesse ist. Das Karnium als für sich stehende Gesteinsabfolge und geologischer Zeitraum wurde vom österreichischen Geologen Edmund M. Mojsisovics von Mojsvàr im Jahr 1869 auf Basis von Aufschlüssen in der Nähe von Raibl (heute Cave del Predil) erschlossen, das damals zur österreichischen Region Kärnten gehörte. Der Name leitet sich von einem offensichtlichen Missverständnis ab: Mojsisovics hatte diese Aufschlüsse (*Karnische Stufe*) als Teil der Karnischen Alpen betrachtet, während sie tatsächlich zu den Julischen Alpen gehören. Auch wenn der Bezug auf die Karnischen Alpen falsch war, so ist das nahe gelegene Karnien reich an Gesteinen des „karnischen“ Zeitalters und

era sbagliato, la vicina Carnia è realmente ricca di rocce d’età “carnica” e “merita” dunque l’onore del nome.
La geologia del Carnico friulano è piuttosto complessa e variabile da zona a zona. I problemi di correlazione stratigrafica tra affioramenti che si trovano anche solo 15 km uno dall’altro sono tutt’altro che risolti. Questo appare evidente anche dalla diversa denominazione di unità litostratigrafiche probabilmente coeve ed originate in ambienti solo in parte diversi tra loro. Tuttavia, è proprio questa variabilità geologica ed ambientale che rende il Carnico così interessante per il geologo.
Il passaggio dal Ladinico al Carnico, che formalmente è stato recentemente definito a livello globale nelle vicine Dolomiti, nelle zone di piattaforma corrisponde ad una emer-

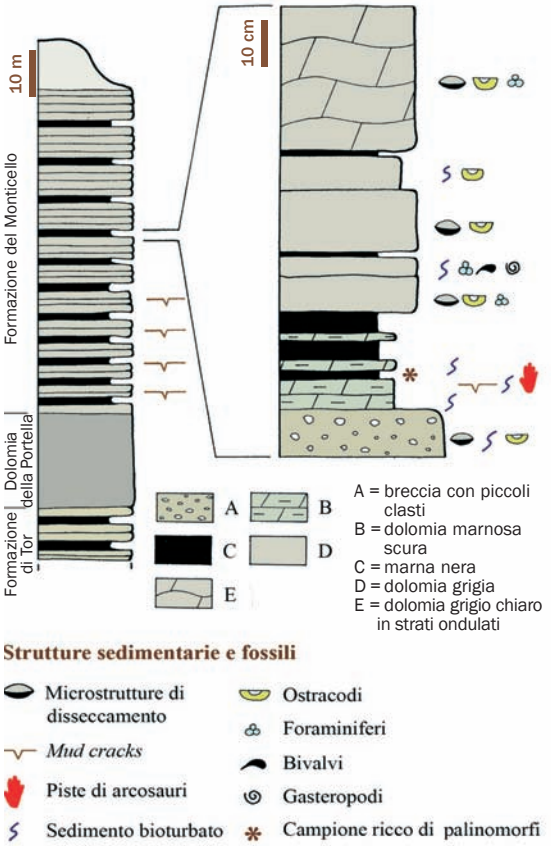



**50** > Il Piano/Età Carnico all’interno del Sistema/Periodo Triassico.




**51 >** Localizzazione del sito con le tracce fossili lungo la valle del Torrente Dogna..

**52 >** La Val Dogna nei pressi dell'affioramento con le orme e le strutture di nidificazione (circoletto rosso).




**53 >** La Formazione del Monticello nella valle del Torrente Dogna.

**54 >** La stratigrafia del sito con le tracce fossili (da Dalla Vecchia, 2008).

„verdient“ folglich die Ehre des Namens.
Die Geologie des friulanischen Karniums ist ziemlich komplex und variiert je nach Gebiet. Die Probleme des stratigrafischen Zusammenhangs zwischen den Aufschlüssen, die sich auch nur in einem Abstand von 15 km befinden, sind immer noch nicht gelöst. Dies erscheint auch durch die unterschiedliche Benennung von lithostratigrafischen Einheiten der vermutlich gleichen Zeit offensichtlich, die in Umfeldern entstanden, die sich nur zum Teil voneinander unterscheiden.
Der Übergang vom Ladinium zum Karnium, der kürzlich weltweit formal in den nahegelegenen Dolomiten definiert wurde, entspricht in den Plattenbereichen einer Emersion. Im oberen Teil des Schlerndolomits gibt es tatsächlich Emersionsbrekzien und pedogenisierte Ebenen in Karnien, sowie Bauxite in den Gegenden von Pontebba und Tarvisio. Darüber ändern sich die Ablagerungsbedingungen in den zwei Bereichen und die stratigrafischen Abfolgen, die wir in Karnien und in den Gebieten von Pontebba und Tarvisio finden, unterscheiden sich ziemlich voneinander.
In Karnien gibt es eine mächtige Abfolge von schwarzen Kalksteinen und dunklen Mergelgesteinen Val Degano Formation) aus Lagunen- oder Küstenmeeresumfeld, die stellenweise tiefer wird. In Westkarnien fand man dagegen laut Venturini (2006) während des Unterkarniums Karbonatplattformen in einem sehr seichten Meer vor, das vielleicht manchmal der Emersion unterlag, wie dies beim Cassianer Dolomit der Fall war. Darüber befinden sich Sandsteine, Mergel- und Kalksteine aus einem seichten Meer und Küstenbereich (Dürrenstein Formation) und schließlich rote kontinentale feine Sandsteine, die von Gips- und Dolomitgesteinen überlagert wurden, die sich in einer stark verdampfenden Lagune (Raibl Formation) gebildet hatten. In Karnien wurden noch keine Tetrapoden-Spuren in dieser stratigrafischen Abfolge gefunden, auch wenn einige Abschnitte sie enthalten sollten. Spuren von Wirbeltieren und Strukturen, die als Nester identifiziert wurden, wurden dagegen in den

sione. Nella parte sommitale della Dolomia dello Sciliar/Schlern ci sono, infatti, brecce di emersione e livelli pedogenizzati in Carnia e bauxiti nel Pontebbano-Tarvisiano. Al di sopra di tali testimonianze di emersione le condizioni di sedimentazione nelle due zone cambiano e le successioni stratigrafiche che troviamo in Carnia e nel Pontebbano-Tarvisiano sono piuttosto differenti tra loro. In Carnia si ha una potente successione di calcari neri e marne scure ("formazione della Val Degano") di ambiente lagunare o marino costiero che localmente diventa più profondo. Nella Carnia occidentale, secondo Venturini (2006), durante il Carnico inferiore (Iulico) perdurava, invece, un ambiente di piattaforma carbonatica con un mare di bassissima profondità e forse talvolta soggetto ad emersione, corrispondente alla Dolomia Cassiana. Al di sopra di questa unità troviamo areniti, peliti, marne e calcari di mare basso e ambiente costiero (Formazione di Dürrenstein) e, infine, peliti rosse continentali, seguite da gessi e dolomie, formatesi in una laguna a forte evaporazione (Formazione di Travenanzes).

In Carnia non sono state ancora rinvenute orme di tetrapodi in questa successione stratigrafica, anche se alcuni intervalli potrebbero contenerle. Orme di vertebrati e strutture identificate come nidi sono state, invece, scoperte e studiate nelle Alpi Giulie, lungo la valle del Torrente Dogna ad oriente dell'omonimo paese (Dalla Vecchia, 1996a,b; Roghi & Dalla Vecchia, 1997; Avanzini et al., 2007; Figg. **51-52**).

Nella zona di Dogna la base della successione carnica è costituita da 30 m di dolomie scure lagunari ("dolomie di Rio Terra rossa") che giacciono sopra le dolomie chiare di piattaforma carbonatica (Dolomia della Schlern/Sciliar) e localmente ricoprono le tasche di bauxite presenti al tetto dei carbonati di piattaforma (Preto et al., 2005). Come nel vicino Tarvisiano, al di sopra si ha un'alternanza di strati calcarei e marnosi originati in ambiente marino di moderata profondità (Formazione di Rio del Lago) ai quali si sovrappongono depositi misti terrigeno-carbonatici sempre di mare relativamente basso (Formazione Dogna e Formazione di Tor). Un sottile corpo di piattaforma carbonatica (spesso 20-25 m) separa questi ultimi da un'altra sequenza terrigeno-carbonatica di mare basso o persino di piana tidale talvolta emersa (Formazione del Monticello). La piattaforma carbonatica rioccupò la zona alla fine del Carnico e ci rimase per tutto il resto del Triassico con la deposizione della potente successione della Dolomia Principale.

Gli icnofossili sono conservati approssimativamente nel mezzo della Formazione del Monticello, un'alternanza di strati di dolomia grigia e di peliti nere che nei pressi di Dogna è spessa fino a 300 m (Fig. **53**). È un equivalente laterale della parte inferiore della Formazione di Carnitza che rappresenta la coeva deposizione nelle aree marine bacinali e quindi relativamente profonde (Gianolla et al., 2003). La sezione che contiene le orme ed i nidi è spessa solo quattro metri ed è costituita prevalentemente da dolomie grigie stratificate con sottili intercalazioni di peliti nerastre (Fig. **54**) (Roghi & Dalla Vecchia, 1997; Avanzini et al., 2007). Lo strato che contiene i nidi si trova 130 centimetri al di sotto di quello che preserva le orme e le due superfici con le tracce fossili sono esposte a pochi metri di distanza una dall'altra (Fig. **55A**). La sezione è formata principalmente da depositi di mare basso, ma gli strati con gli icnofossi-

A

B

Julischen Alpen, entlang des Dogna-Tals entdeckt und erforscht (Dalla Vecchia, 1996a,b; Roghi & Dalla Vecchia, 1997; Avanzini et al., 2007; Abb. **51-52**).
Im Bereich von Dogna besteht die karnische Abfolge aus 30 m dunklen Lagunendolomiten (Rio Terra Rossa Dolomit), die auf den hellen Dolomitgesteinen der Karbonatplattform (Schlerndolomit) liegen und stellenweise die Bauxittaschen abdecken, die auf dem Dach der Karbonatplattformen vorhanden sind (Preto et al., 2005). Wie im nahe gelegenen Gebiet von Tarvisio findet man darüber eine Abfolge von Kalk- und Mergelgesteinen, die ihren Ursprung in einem Meeresumfeld geringer Tiefe (Rio del Lago Formation) finden. Darüber liegen dann gemischte terrigene und karbonathaltige Ablagerungen von immer noch ziemlich seichten Meeresbereichen (Dogna Formation und Tor Formation). Ein dünner Karbonatplattformkörper (Mächtigkeit 20-25 m) trennt Letztere von einer weiteren terrigen-karbonathaltigen Abfolge eines seichten Meeresbereichs oder sogar zum Teil einer überirdischen Wattfläche (Monticello Formation). Die Karbonatplattform bedeckte das Gebiet erneut am Ende des Karniums und verbleibt für die gesamte Trias mit der Ablagerung des Hauptdolomits.
Die Ichnofossilien sind ungefähr in der Mitte der Monticello Formation erhalten. Hierbei handelt es sich um eine Schichtenabfolge von grauem Dolomit und schwarzen Mergelgesteinen mit einer Mächtigkeit von bis zu 300 m in der Nähe von Dogna (Abb. **53**). Der Abschnitt, der die Spuren und Nester enthält, ist nur vier Meter mächtig und besteht vor allem aus Schichten von grauem Dolomit mit dünnen Einschaltungen von schwärzlichen Mergeln (Abb. **54**; Roghi & Dalla Vecchia, 1997; Avanzini et al., 2007). Die Schicht, die die Nester enthält, befindet sich 130 Zentimeter unter Jener, die die Spuren bewahrt; die zwei Flächen mit den Fossilspuren sind in einem Abstand von nur wenigen Metern voneinander erhalten (Abb. **55A**).
Der Abschnitt besteht hauptsächlich aus seichten Meeresablagerungen. Allerdings werden die Schichten mit den Ichnofossilien von Karbonatsedimenten in einem Umfeld oberhalb der Fluttätigkeit gebildet. Dabei gibt es Hinweise

**55 >** Il sito con le orme ed i nidi. A) vista panoramica nell'estate 2003 con al centro e a destra quello che rimaneva dello strato con le orme (frecce) dopo l'asportazione della parte con le due piste ora esposta a Dogna. B) particolare dei nidi nell'estate 2003, con lo scopritore Daniele Piubelli.

li sono costituiti da sedimenti carbonatici di ambiente sopratidale con evidenze di pedogenesi (vale a dire, di formazione di suoli) e di esposizione all'aria (poligoni di disseccamento).
La datazione alla parte centrale del Carnico superiore (circa 230 milioni di anni fa) è basata sui palinomorfi trovati nel sottile strato marnoso nerastro che ricopre le orme fossili. Si tratta di una ricca associazione dominata dalle conifere ed indicativa del Carnico superiore per la concomitante presenza delle paraspecie *Enzonalasporites vigens*, *Vallasporites ignacii*, *Patinasporites densus*, *Pseudoenzonalasporites summus*, *Samaropollenites speciosus* e *Camerosporites secatus* (si veda Roghi & Dalla Vecchia, 1997).

*Paleogeografia*

Secondo le ricostruzioni paleogeografiche dell'Italia settentrionale durante il Carnico superiore, la terra stabilmente emersa si trovava in corrispondenza dell'odierno mare Adriatico e una pianura alluvionale progradava a nord verso il Friuli settentrionale. Le orme ed i nidi sono un'incontrovertibile prova che anche la zona di Dogna era - almeno saltuariamente - emersa.
L'icnosito di Dogna si trovava nella parte interna della piattaforma carbonatica ed era situato verso terra (vale a dire, ad ovest) rispetto al margine di piattaforma posto in corrispondenza del Passo del Predil e di Sella Sompdogna (Gianolla et al., 2003). La zona era, quindi, alcuni chilometri all'interno rispetto al mare vero e proprio al momento del passaggio e della permanenza degli autori di orme e nidi (Avanzini et al., 2007). La parte orientale del Tarvisiano e la Val Dogna erano zone di transizione verso gli ambienti

für Bodenbildung und Austrocknungsflächen. Die Datierung auf den mittleren Bereich des Oberkarniums (vor circa 225 Millionen Jahren) basiert auf den Palynomorphen, die in der dünnen schwärzlichen Mergelschicht gefunden wurden, die die Fossilspuren bedeckt.

***Paläogeographie***

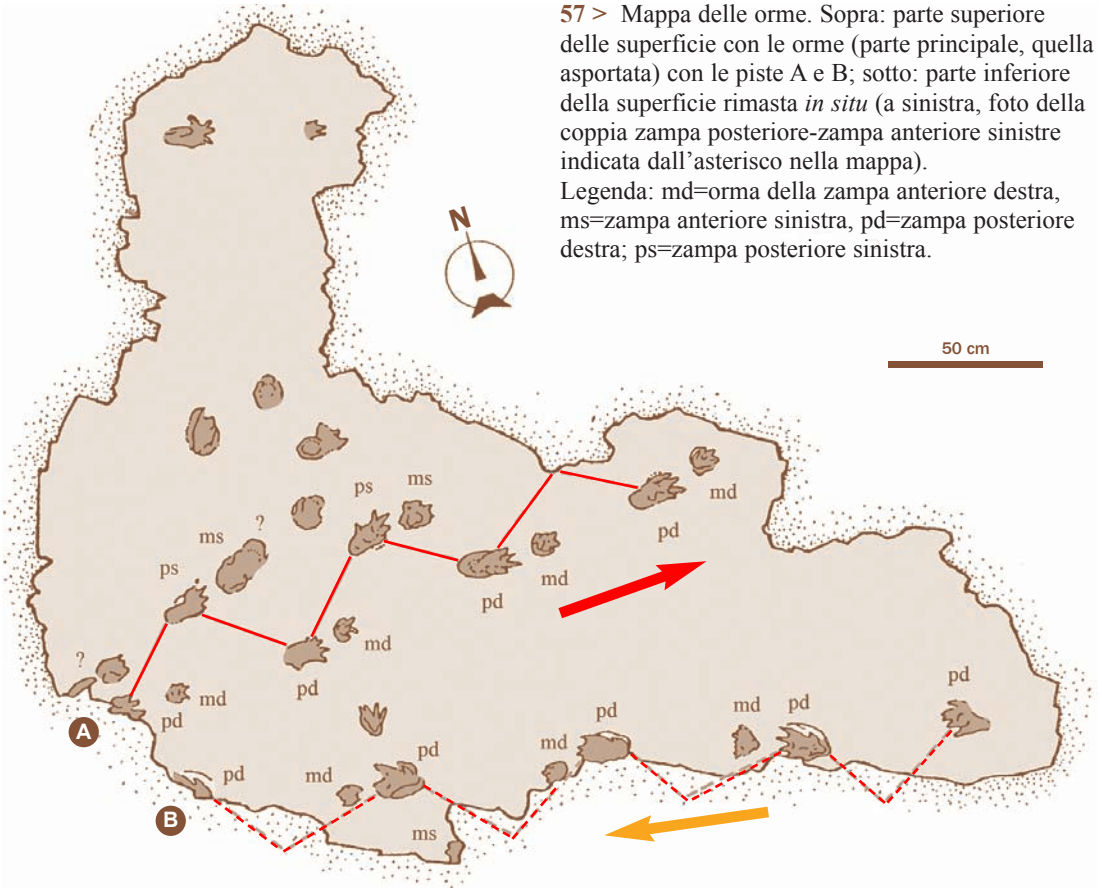
Gemäß den paläogeographischen Rekonstruktionen von Norditalien während des Oberkarniums befand sich das dauerhafte Festland dort, wo heute die Adria liegt. Eine Überflutungsebene breitete sich nach Norden in Richtung Nordfriaul aus. Die Spuren und Nester sind der unbestreitbare Beweis, dass auch das Gebiet von Dogna zumindest gelegentlich zum Festland gehörte.
Die Fundstelle der Spuren von Dogna befindet sich im Inneren der Karbonatplattform und zwar Richtung Westen gegenüber dem Plattformrand, der auf Höhe des Predilpasses und von Sella Sompdogna zu finden ist (Gianolla et al., 2003). Der Bereich war folglich im Augenblick des Vorbeikommens und Aufenthalts der Urheber der Spuren und Nester gegenüber dem eigentlichen Meer um einige Kilometer nach innen versetzt. (Avanzini et al., 2007). Der östliche Teil der Gegend um Tarvisio und des Val Dogna war eine Übergangszone zum offenen und tiefen Meeresgebiet des nahegelegenen slowenischen Beckens.
Der Abschnitt mit den Ichnofossilien enthält sedimentologische Emersionsbeweise. Die Schichtfläche mit den Spuren weist deutliche Austrocknungsfelder (*mud cracks*) auf, die anzeigen, dass das Schlammsubstrat der Luft ausgesetzt war (Abb. **56**). Die Schicht mit den Neststrukturen besteht aus Dolomit-Brekzie mit Spuren von Pedogenese, sie war folglich überirdisch angelegt. Die zahlreichen Pollenreste, die in der schmalen Mergelebene gefunden wurden, die die Spuren überdeckt, sind zum Teil noch in Tetraden gruppiert: Dies lässt vermuten, dass sie nur sehr begrenzt transportiert wurden. Denn die Pollen werden ursprünglich in Vierergruppen (Tetraden) von der Pflanze gebildet. Wenn der Pollen freigesetzt und vom Wind transportiert wird, lösen sie sich fast sofort auf. Folglich befanden sich die Nadelbäume, die sie produziert hatten, höchstens wenige hundert Meter von dem Gebiet entfernt, das die Spurenerzeuger vorher durchquert hatten. Die Tatsache, dass es keine Pflanzen gibt, die Feuchtgebiete vorziehen, wie zum Beispiel Schachtelhalme oder Farne, suggeriert, dass das Klima relativ trocken war.

di mare aperto e profondo del vicino Bacino Sloveno.
Evidenze sedimentologiche di emersione sono presenti nella sezione che contiene gli icnofossili. La superficie di strato con le orme presenta evidenti poligoni di disseccamento (*mud cracks*) che indicano l'esposizione all'aria del substrato fangoso (Fig. **56**) e lo strato con le strutture di nidificazione è costituito da una breccia dolomitica con tracce di pedogenizzazione, quindi di esposizione subaerea. Gli abbondanti resti pollinici trovati nel livelletto marnoso che ricopre le orme sono in parte ancora raggruppati in tetradi: questo suggerisce che il loro trasporto fu molto limitato. Infatti, i pollini sono originariamente prodotti dalla pianta in aggregati di quattro, chiamati, appunto, tetradi che, quando il polline è rilasciato e trasportato dal vento, si disgregano quasi immediatamente. Quindi le piante che li hanno prodotti si trovavano al massimo a poche centinaia di metri dall'area attraversata in precedenza dagli autori delle orme. Il fatto che non vi siano evidenze di vegetali che preferiscono ambienti umidi - per esempio, pollini di equisetali o spore di felci - suggerisce che il clima fosse relativamente arido.

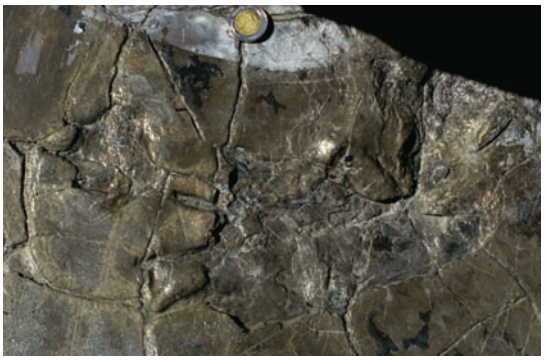
Val Dogna: le orme - Il sito che conserva gli icnofossili si trova vicino alla località di Chiout di Gus, sul fianco destro della valle praticamente a livello del letto del torrente. Quando il sito è stato studiato (1994), erano presenti almeno cinque piste (Fig. **57**), ma quelle più vicine al letto sono state in seguito sommerse da ghiaia e ciottoli trasportati dalle violente piene che si verificano spesso in questo corso d'acqua. La superficie principale con due piste (A e B), rettilinee e paral-

**56 >** Val Dogna: la superficie con le orme, prima dell'asportazione.

lele ma con versi di marcia opposti, e una mezza dozzina di orme isolate (Fig. **56**) è stata asportata nel dicembre del 1995 ed è oggi visibile, ricomposta e restaurata, in un'esposizione museale nel paese di Dogna (Fig. **11**). Le orme della superficie situata nella parte bassa dell'affioramento - in seguito coperta dai depositi fluviali - sono state mappate e fotografate (Fig. **57** sotto). Le impronte, descritte scientificamente da Dalla Vecchia (1996b) e Roghi & Dalla Vecchia (1997), hanno una stessa direzione est-ovest e sembrano essere state impresse tutte da uno stesso tipo di tetrapode quadrupede. La pista A è formata da sei coppie consecutive di orme della zampa posteriore e della zampa anteriore, mentre la pista B presenta cinque orme consecutive della zampa posteriore destra, le tre centrali delle quali hanno anche la relativa traccia della zampa anteriore. Le corrispondenti orme degli arti sinistri della pista B sono stati distrutti dall'erosione ad esclusione di un'impressione della zampa anteriore. Nella superficie bassa c'erano tre chiare coppie di orme della zampa posteriore e della zampa anteriore e quattro della zampa posteriore (una delle quali parziale) senza una chiara impressione corrispondente della zampa anteriore. La coppia in basso a sinistra in figura **57** è stata prodotta dalle zampe sinistre ed è orientata grossomodo verso ovest, mentre tutte le altre




**57 >** Mappa delle orme. Sopra: parte superiore delle superficie con le orme (parte principale, quella asportata) con le piste A e B; sotto: parte inferiore della superficie rimasta *in situ* (a sinistra, foto della coppia zampa posteriore-zampa anteriore sinistre indicata dall'asterisco nella mappa).
Legenda: md=orma della zampa anteriore destra, ms=zampa anteriore sinistra, pd=zampa posteriore destra; ps=zampa posteriore sinistra.

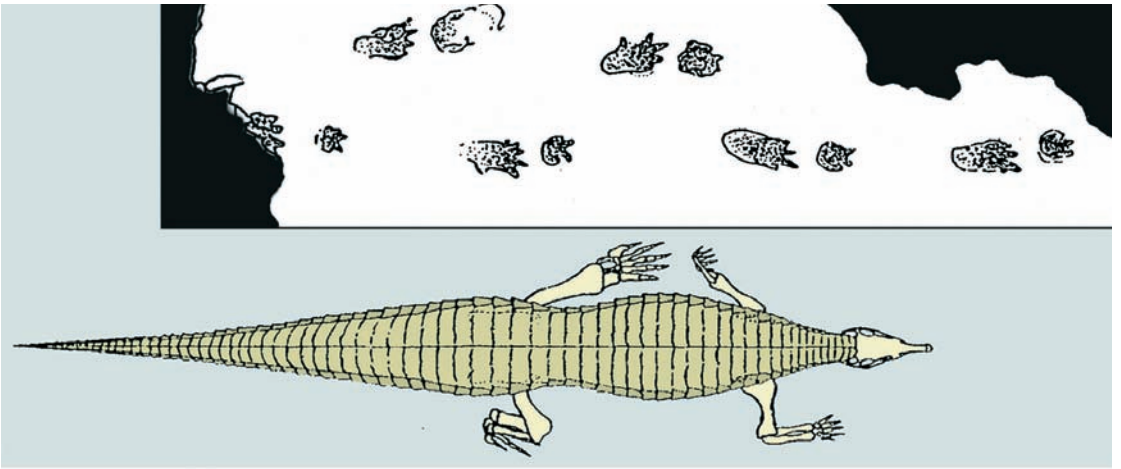


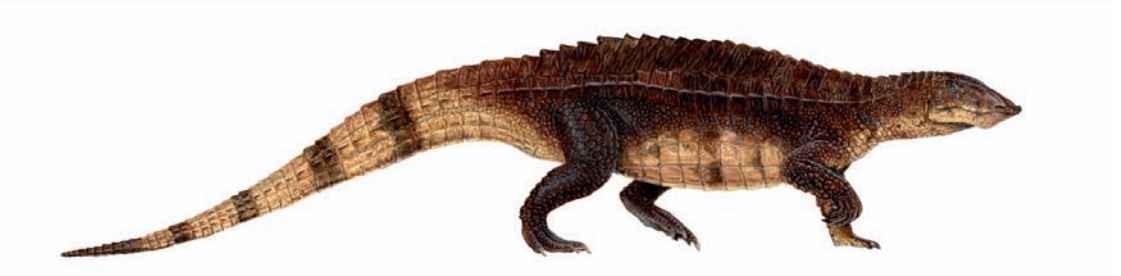
Val Dogna: Die Spuren - Der Standort der Ichnofossilien befindet sich in der Nähe der Ortschaft Chiout di Gus, auf der rechten Seite des Tals, praktisch auf Höhe des Wildwasserbetts. Als der Fundort erforscht wurde (1994), gab es mindestens fünf Fährten (Abb. **57**). Allerdings wurden diejenigen, die am nächsten beim Wildbachbett lagen, danach von Kies und Schotter überschüttet, die die gewaltigen Hochwasser mitbrachten, die bei diesem Wasserlauf oft auftreten. Die Hauptfläche mit zwei Fährten (A und B), die geradlinig und parallel sind, die aber entgegengesetzte Laufrichtungen und ein halbes Dutzend isolierte Spuren aufweisen (Abb. **56**), wurde im Dezember 1995 entfernt. Sie kann heute, wieder zusammengesetzt und restauriert in

**58 >** Impronte della superficie principale. A) la quarta e quinta coppia delle zampe anteriori e corrispondenti zampe posteriori della pista A; B) quinta coppia (destra) di impronte della pista A; C) impronta isolata e parzialmente impressa della zampa posteriore (calco).

sono dirette approssimativamente ad est e sembrano appartenere a due piste distinte.

L'impronta della zampa posteriore, stretta e allungata, misura circa 20 cm, due volte la lunghezza dell'orma della zampa anteriore (Fig. **58**). La porzione libera delle cinque dita - sottile e appuntita - è piuttosto corta se confrontata alla lunghezza totale dell'orma. Le impressioni delle dita I-IV hanno lunghezze simili, ma la traccia del dito III è la più lunga e quella del dito I è la più corta. L'impressione del dito V - sottile, curva e diretta in avanti - raramente è ben conservata, ma senza dubbio è presente in un paio di orme della pista B ed è collocata piuttosto posteriormente. La lunga impressione del tallone ci dice che l'au-





einer Ausstellung in Dogna besichtigt werden. Die Spuren der Oberfläche, die sich im unteren Teil des Aufschlusses befindet, die dann von Flussablagerungen bedeckt wurde, sind in Landkarten verzeichnet und fotografiert worden (Abb. **57** unten). Die Abdrücke, die von Dalla Vecchia (1996b) und Roghi & Dalla Vecchia (1997) wissenschaftlich beschrieben wurden, haben eine gleiche Ost-West-Ausrichtung und scheinen alle von einem gleichen vierbeinigen Tetrapoden-Typen hinterlassen worden zu sein. Die Fährte A besteht aus sechs nacheinander folgenden Spurpaaren des Hinter- und Vorderfußes, während die Fährte B fünf nacheinander folgende Spuren des rechten Hinterfußes aufweist, wobei die drei mittleren auch die entsprechende Spur des Vorderfußes besitzen. Die dementsprechenden Spuren der linken Gliedmaßen der Fährte B sind, abgesehen von einem Abdruck des Vorderfußes von der Erosion zerstört worden. In der unteren Fläche befanden sich drei klare Spurenpaare des Hinter- und Vorderfußes, sowie vier des Hinterfußes (eine davon zum Teil erhalten). Ein klarer Abdruck des Vorderfußes fehlte allerdings. Das Paar unten links in der Abbildung **57** entstand durch die linken Füße und ist in etwa nach Westen ausgerichtet, während alle anderen ungefähr nach Osten gerichtet sind und zwei unterschiedlichen Fährten anzugehören scheinen.

Der schmale und längliche Abdruck des Hinterfußes misst circa 20 cm, das ist die doppelte Länge der Spur des Vorderfußes (Abb. **58**). Der dünne und spitzige freie Anteil der fünf Zehen ist ziemlich kurz, wenn man ihn mit der Gesamtlänge der Spur vergleicht. Die Abdrücke der Zehen I-IV sind ähnlich lang, aber die Spur der Zehe III ist die Längste und die der Zehe I die Kürzeste. Der Abdruck der Zehe V, der dünn, gebogen und nach vorne gerichtet ist, ist selten gut erhalten. Er ist allerdings zweifelsohne bei einer Reihe von Spuren der Fährte B vorhanden und ist ziemlich hinten positioniert. Der lange Fersenabdruck sagt uns, dass der *trackmaker* ein Sohlengänger ist. Die Spuren des Vorderfußes sind dagegen fast kreisförmig, aber ihre Morphologie ist weniger klar als die der Hinterfüße. Man erkennt vier Abdrücke der Zehen in den besser erhaltenen Spuren. Allerdings sind üblicherweise nur drei gut markiert. Die Spur des Vorderfußes befindet sich vorne und ist gegenüber dem Abdruck des Hinterfußes bei der Fährte leicht nach innen versetzt.

**59 >** Il probabile autore delle orme secondo AVANZINI et al. (2007), un etosauro (*Stagonolepis*). Da DALLA VECCHIA (2008). Ricostruzione di Lukas Panzarin.

tore era plantigrado. Le impronte della zampa anteriore sono, invece, sub-circolari, ma la loro morfologia è meno chiara di quella delle zampe posteriori. Si riconoscono quattro impressioni delle dita nelle orme meglio conservate, ma di solito solo tre sono ben marcate. L'impronta della zampa anteriore si trova davanti a quella della zampa posteriore e leggermente all'interno della pista.

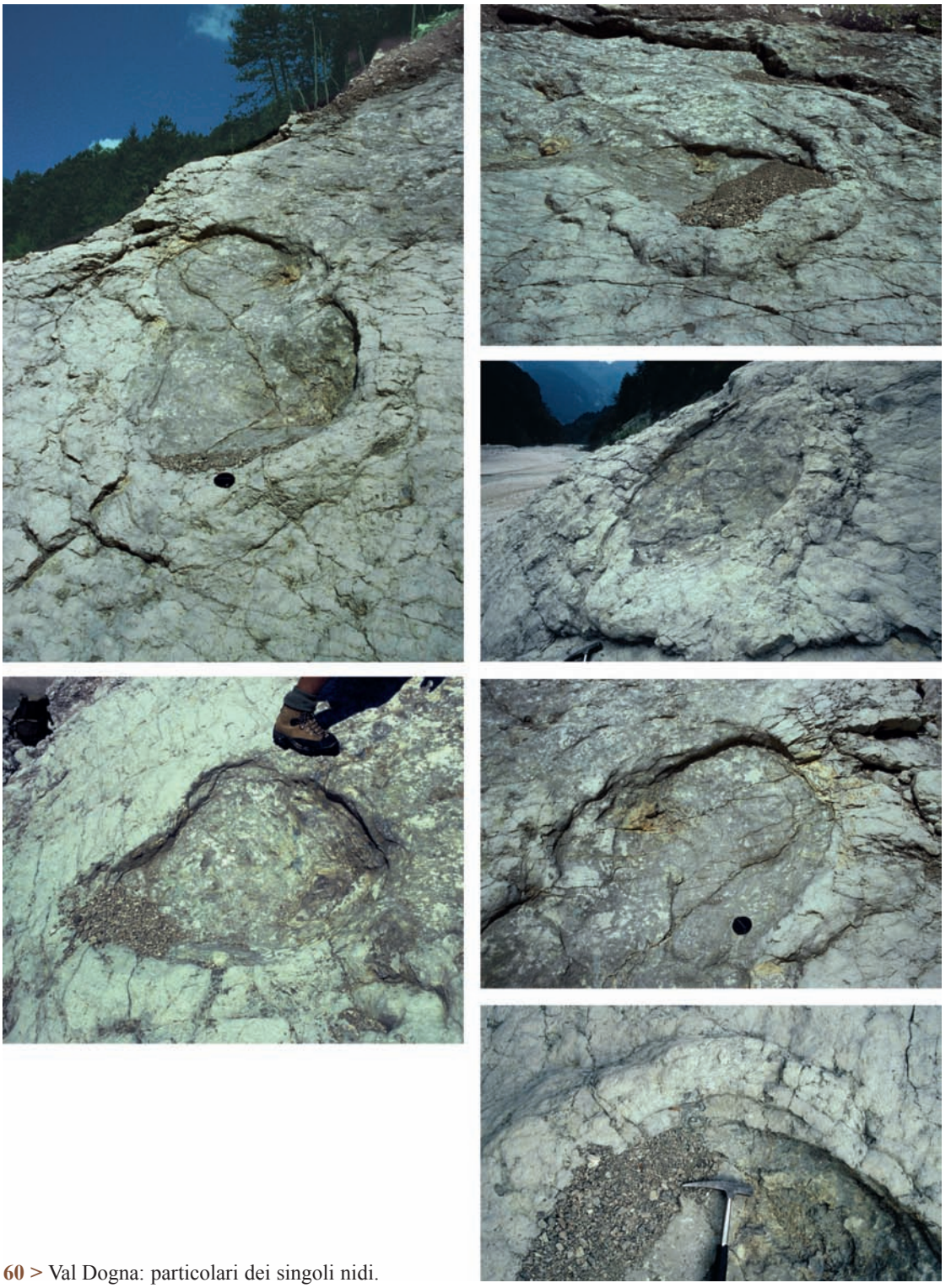
La lunghezza della falcata oscilla tra 67 e 72 cm nella pista A e 60 e 70 cm nella pista B. La pista A, che a differenza della B è completa delle orme delle zampe sia del lato destro che del sinistro, è ampia con una larghezza esterna di circa 30 cm e un angolo del passo piuttosto basso (quello della zampa posteriore è circa 100°). Tali parametri suggeriscono che l'autore avesse un corpo largo e un'andatura lenta. Tuttavia, le zampe erano rivolte in avanti, quasi parallele alla direzione di movimento come negli animali con una postura eretta e non erano dirette lateralmente come in quelli che si muovono con fatica ed in modo scomposto. Inoltre, l'autore si spostava senza trascinare il ventre e la coda, perchè non ci sono tracce prodotte da queste parti del corpo. Tutto ciò suggerisce che l'autore delle orme si spostasse in modo relativamente efficiente seppure non rapido.

I *trackmakers* avevano attraversato una zona dove il fango era già quasi disseccato, perchè i *mud cracks* non passano attraverso le orme, anzi a volte le fratture di disseccamento sono state evidentemente chiuse dalla pressione esercitata dalla zampa, prova che erano preesistenti (Fig. **58**).

Questi icnofossili erano stati inizialmente riferiti in via provvisoria ai fitosauri, un gruppo di peculiari arcosauri triassici che ricordano i coccodrilli attuali per molti aspetti, sia morfologici che ecologici, a causa della loro somiglianza con le orme dei coccodrilli, l'età e il supposto ambiente costiero di deposizione della Formazione del Monticello (DALLA VECCHIA, 1996a).

Successivamente, la corrispondenza con la morfologia delle impronte chiroteroidi per quanto riguarda la posizione della traccia del dito V e i parametri delle piste, ed il confronto con la struttura dello scheletro delle zampe degli arcosauri hanno suggerito come maggiormente probabile l'attribuzione ai crurotarsi etosauriani (Fig. **59**), sempre considerando possibile, però, che si tratti di un arcosauro della linea coccodrilliana non ancora ben rappresentato da resti scheletrici (DALLA VECCHIA, 1996b, 2008; ROGHI & DALLA VECCHIA, 1997).

In seguito, BERNARDI et al. (2010) le hanno interpretate come impronte di un coccodrillomorfo quadrupede dalle zampe palmate. PADIAN et al. (2010) le hanno considerate come "simili" a quelle di *Apatopus* e hanno dimostrato che quest'ultime non corrispondono esattamente a quelle degli etosauri, ma piuttosto a quelle dei fitosauri sulla base di una nuova ricostruzione della struttura scheletrica delle zampe di questi animali. Infine, anche KLEIN & LUCAS (2013) le hanno riferite all'icnogenere *Apatopus*, attribuito "quasi certamente" a fitosauri. Questo fatto è curioso dato che, a suo tempo in una comunicazione personale a chi scrive, Lucas le aveva considerate "normali" orme chiroteroidi e che quasi tutti questi specialisti non hanno mai visto personalmente i reperti.



**60 >** Val Dogna: particolari dei singoli nidi.

VAL DOGNA: I NIDI - Le depressioni orlate identificate da AVANZINI et al. (2007) come nidi sono conservate su di uno strato di breccia dolomitica leggermente pedogenizzata; il sedimento che le riempie è un *mudstone* nerastro con un contentuto di sostanza organica maggiore di quello delle rocce circostanti (AVANZINI et al., 2007). Tredici depressioni di forma variabile tra il sub-circolare ed il semi-circolare (o "ferro di cavallo"), alcune delle quali fuse a coppie in modo da costituire una singola struttura a forma di 8, erano ben visibili sulla superficie nel 2003 (Figg. **55** e **60**, si veda anche Fig. **122**). Oggi il loro numero è minore a causa della parziale distruzione dello strato che le preservava, occorsa nell'estate 2008. Le depressioni sono vicine tra loro e sono poste a una distanza piuttosto costante che in media è di circa mezzo metro. Il loro asse principale è lungo 100-160 cm (incluso il bordo) e sono profonde 5-20 cm. Il bordo, largo da 16 a 45 cm, è stato prodotto dall'autore/i delle strutture in due o più eventi di spostamento del fango (AVANZINI et al., 2007). A volte il fondo della depressione è coperto da una pellicola millimetrica ricca di sostanza organica di origine vegetale. Le depressioni troncano il substrato in cui sono scavate. Anche una montagnola ellittica di fango, alta 20 cm e larga 90x75 cm, è conservata sulla stessa superficie tra le depressioni. Il confronto con strutture sedimentarie abiogeniche (per esempio, strutture di carico, di

Die Sprunglänge schwankt zwischen 67 und 72 cm bei der Fährte A und 60 und 70 cm bei der Fährte B. Die Fährte A, die im Gegensatz zur Fährte B, sowohl rechts als auch links komplette Fußspuren aufweist, ist ausladend mit einer Außenbreite von circa 30 cm und einem ziemlich niedrigen Schrittwinkel (der des Hinterfußes beträgt circa 100°). Diese Parameter lassen vermuten, dass der Fährtenerzeuger einen breiten Körper und einen langsamen Gang hatte. Die Hinter- und Vorderfüße waren jedoch nach vorne fast parallel zur Bewegungsrichtung gewandt, wie bei Tieren mit einem aufrechten Gang, und sie waren nicht seitlich wie bei den Tieren ausgerichtet, die sich schwerlich und in ungeordneter Weise bewegen. Außerdem bewegte sich der Fährtenerzeuger, ohne Bauch und Schwanz zu ziehen, weil es keine Spuren von diesen Körperteilen gibt. All dies lässt vermuten, dass der Urheber der Spuren sich relativ effizient, wenn auch nicht schnell fortbewegte.
Die *trackmakers* hatten einen Bereich überquert, wo der Schlamm schon fast ausgetrocknet war, weil die *mud cracks* nicht durch die Spuren gehen, sondern die Austrocknungsbrüche wurden sogar manchmal offensichtlich von dem Druck geschlossen, den der Fuß ausübte. Dies beweist, dass sie bereits vorher vorhanden waren (Abb. **58**).
Diese Ichnofossilien waren anfangs vorübergehend den Phytosauria zugeschrieben worden, einer Gruppe von Archosauria der Trias, die sowohl durch morphologische als auch ökologische Aspekte an die heutigen Krokodile erinnern, weil ihre Spuren, ihr Alter und ihr vermutliches Küstenumfeld der Formationsablagerung von Krokodilen ähneln (DALLA VECCHIA, 1996a).
Die Übereinstimmung mit der Morphologie der *Chirotherium*-Spuren hinsichtlich der Spurenposition der Zehe V und die Fährtenparameter, sowie der Vergleich mit der Skelettstruktur der Füße der Archosauria ließen dann die Zuordnung zu den Crurotarsi-Aetosauria eher wahrscheinlich werden (Abb. **59**). Dabei wurde allerdings dennoch für möglich gehalten, dass es sich um einen Archosauria der Krokodillinie handelt, der noch nicht gut durch Skelettreste vertreten ist (DALLA VECCHIA, 1996b, 2008; ROGHI & DALLA VECCHIA, 1997).
Danach haben BERNARDI et al. (2010) sie als Abdrücke eines krokodilähnlichen Vierbeiners mit Füßen mit Schwimmhäuten interpretiert. PADIAN et al. (2010) haben sie als dem *Apatopus* „ähnlich" betrachtet und haben bewiesen, dass letztere Spuren auf Basis eines Neuaufbaus der Skelettstruktur der Füße dieser Tiere nicht genau den Aetosauria entsprechen, sondern eher denen der Phytosauria. Schließlich haben auch KLEIN & LUCAS (2013) sie auf das Ichnogenus *Apatopus* bezogen, das „mit ziemlicher Sicherheit" den Phytosauriern zugeordnet wird.

Val Dogna: Die Nester - Die Vertiefungen mit Rändern, die von Avanzini et al. (2007) als Nester identifiziert wurden, sind auf einer leicht pedogenisierten Dolomit-Brekzie-Schicht erhalten geblieben; das Lockersediment, das sie auffüllt, ist ein schwärzlicher Tonstein, der mehr organische Substanz beinhaltet, als das Umfeld (Avanzini et al., 2007). Dreizehn Vertiefungen unterschiedlicher Formen, die von fast kreisförmig bis halbkreisförmig (oder „Hufeisenförmig") reichen, von denen einige zu Paaren verschmolzen sind, so dass sie eine Einzelstruktur in Form einer 8 bilden, waren im Jahr 2003 gut auf einer Gesteinsoberfläche sichtbar (Abb. **55** und **60,** siehe auch Abb. **122**). Die im Sommer 2008 erfolgte Zerstörung eines Teils der sie enthaltenden Schicht hat ihre Anzahl heute verringert. Die Vertiefungen liegen nahe aneinander und liegen in einer ziemlich konstanten Entfernung voneinander, die circa einen halben Meter ausmacht. Ihre Hauptachse hat eine Länge von 100-160 cm (einschließlich des Randes) und sie sind 5-20 cm tief. Der Rand, der 16 bis 45 cm breit ist, wurde vom Urheber/von den Urhebern der Strukturen in zwei oder mehreren Transportvorhaben des Schlammse gebildet (Avanzini et al., 2007). Manchmal ist der Boden der Vertiefung von einem millimeterdicken Film bedeckt, der reich an organischer Substanz pflanzlicher Herkunft ist. Die Vertiefungen durchdringen das Substrat, in das sie gegraben sind. Auch ein elliptischer Schlammhügel, der 20 cm hoch ist, hat sich zwischen den Vertiefungen auf der gleichen Oberfläche erhalten. Durch den Vergleich mit abiogenen Sedimentstrukturen (zum Beispiel Strukturen von Lasten, dem Austreten von Flüssigkeiten, der Wasserübertragung, Verflüssigung) konnte dieser Ursprung für die Vertiefungen von Dogna ausgeschlossen werden (Avanzini et al., 2007). Letztere wurden unter den direkt von den Organismen geschaffenen Strukturen, wie Spuren, Einsenkungen oder Löcher, die von Fischen gegraben wurden oder Höhlen und Nester von Tetrapoden, von Avanzini et al. (2007) als die wahrscheinlichsten Kandidaten betrachtet, obwohl Eier oder Schalenbruchstücke in ihrem Inneren fehlen. Der Fundort soll folglich eine Nesterkolonie darstellen.
Aufgrund des Mangels weiterer Beweise ist es am einfachsten, die gleiche Tierart als Urheber der Nester zu betrachten, die die Spuren geschaffen hat, d. h. bei der Interpretation von Avanzini et al. (2007) - ein Archosauria-Aetosauria. Dies wird auch von den Längeneinschätzungen des Körpers des Fährtenerzeugers bestätigt (Roghi & Dalla Vecchia, 1997). Sie stimmen mit dem Hauptdurchmesser der Nester und ihrer Laufweite überein (Avanzini et al., 2007). Die Nester von Dogna wurden relativ komplex gebaut, was ein entsprechend komplexes Verhalten der Tiere impliziert: Dies würde man nicht von einem Crurotarsi-Archosauria der Trias erwarten, den man, in jeder Hinsicht, für primitiver halten würde, als die heutigen Crurotarsi (Krokodile, Kaimane und Alligatoren). Die derzeitigen Spezies bauen viel einfachere Nester: Die des Alligators sind große Anhäufungen von Schlamm und faulendem, pflanzlichem Material und die Eier werden in einen Hohlraum im Nestinneren abgelegt, während die anderen Krokodilarten ihre Eier in einfachen Löchern ablegen, die im Sand gegraben werden. Muldenförmige Nester, die mit einem Rand versehen und in Nestkolonien gruppiert sind, wurden als eine fortschrittliche Eigenschaft der weiter entwickelten Theropoden (einschließlich vieler Vögel, wie Flamingos und Strauße), sowie einiger Sauropoden betrachtet (Varricchio et al., 1997, 1999; Chiappe et al., 2004). Die gerändelten Nester der nicht fliegenden Theropoden und Sauropoden gehen auf die Oberkreide zurück. Sie sind folglich mehr als 140 Millionen Jahre jünger als die von Dogna.
Die friulanischen Fossilnester haben zum ersten Mal bewiesen, dass die heute lebenden Crurotarsi, zumindest im Hinblick auf die Sorgfalt bei der Herstellung der Nester, ein weniger ausgeklügeltes Reproduktionsverhalten als ihre primitiveren und ausgestorbenen Artgenossen haben. (Dieses Faktum bleibt erhalten, egal ob es sich um Aetosaurier, Phytosaurier oder eine krokodilähnliche Spezies handelt). Die Wichtigkeit dieser Entdeckung auf internationaler Ebene hat dem Photo der Fossilien das Titelblatt einer Ausgabe der namhaften internationalen wissenschaftlichen Zeitschrift *Palaios* (Abb. **61**) eingebracht.

Ausserhalb des Friauls: Belluneser und westliche Dolomiten - Im Karnium der Dolomiten sind Fossilspuren von Wirbeltieren von D'Orazi Porchetti et al. (2008), Avanzini et al. (2010) und Mietto et al. (2012) in drei Formationen angezeigt worden: Dem Cassianer Dolomit, der Heiligkreuz Formation und Travenanzes Formation. Der Cassianer Dolomit entstand durch die Karbonat-Sedimentablagerung auf seichten Meeresböden. Die Travenanzes Formation hat kontinentaleren Charakter, während die Heiligkreuz Formation, die sowohl Knochenreste als auch Spuren geliefert hat, aus

fuoriuscita di fluidi, di trasferimento d'acqua, di liquefazione, ecc.) ha permesso di escludere tale origine per le depressioni di Dogna (Avanzini et al., 2007). Tra le strutture prodotte direttamente dagli organismi, come orme, avvallamenti o buche scavate da pesci o tane e nidi di tetrapodi, questi ultimi sono stati considerati i candidati più probabili da Avanzini et al. (2007), nonostante la mancanza di uova o frammenti di guscio al loro interno. Il sito rappresenterebbe, dunque, una colonia di nidificazione.

In assenza di altre prove, l'opzione più parsimoniosa è considerare come autore dei nidi lo stesso tipo di animale che ha prodotto le orme, vale a dire - nell'interpretazione di Avanzini et al. (2007) - un arcosauro etosauriano. Questo è comprovato anche dalle stime della lunghezza del corpo dell'autore delle piste (Roghi & Dalla Vecchia, 1997) che è in accordo con il diametro principale dei nidi e con la loro spaziatura (Avanzini et al., 2007).

I nidi di Dogna sono stati costruiti in un modo relativamente complesso, cosa che implica un comportamento corrispondentemente complesso del loro autore: questo è inatteso in un arcosauro crurotarso triassico, che ci si aspetterebbe fosse stato più primitivo - in tutti i sensi - dei crurotarsi odierni (coccodrilli, caimani e alligatori). Le specie viventi costruiscono nidi molto più semplici: quelli dell'alligatore sono grandi accumuli di fango e materiale vegetale in putrefazione e le uova sono deposte in una cavità scavata al loro interno, mentre gli altri coccodrilliani le depongono in semplici buche scavate nella sabbia.

Nidi a forma di catino e bordati, raggruppati in colonie di nidificazione erano considerati una caratteristica avanzata dei dinosauri teropodi evoluti (inclusi molti uccelli, come i fenicotteri e gli struzzi) e di alcuni sauropodi (Varricchio et al., 1997, 1999; Chiappe et al., 2004). I nidi bordati dei teropodi non-aviani e dei sauropodi risalgono al Cretaceo superiore e sono, quindi, più recenti di oltre 140 milioni di anni rispetto a quelli di Dogna.

**61 >** La copertina del n. 5 del volume 22 (settembre 2007) della rivista scientifica internazionale *Palaios*, con le immagini dei nidi di Dogna.

I nidi fossili friulani hanno dimostrato per la prima volta che i crurotarsi viventi hanno un comportamento riproduttivo - almeno per quanto riguarda la cura nel fabbricare i nidi - meno sofisticato rispetto a quelli più primitivi ed estinti (questo non cambia siano etosauri, fitosauri o coccodrillomorfi gli autori dei nidi fossili). L'importanza a livello internazionale di tale scoperta ha fatto ottenere alla foto dei fossili la copertina di un fascicolo della prestigiosa rivista scientifica internazionale *Palaios* (Fig. **61**).

**62** > Le orme (iporilievi positivi) in un masso della zona del Passo Giau.

paläontologischer Sicht zwischen den Beiden liegt.
Auf der Ostseite der **Gruppe von Lastoi de Formìn** (2600 m über dem Meeresspiegel; Belluno) wurden im Cassianer Dolomit einige schlecht erhaltene Abdrücke, einschließlich einer Fährte eines vierbeinigen Tetrapoden gefunden. Der Abdruck des Hinterbeines ist 15 - 20 cm lang und besitzt, wie die aus dem Val Dogna, Spuren von fünf Zehen. Er ist allerdings weniger länglich und die Spur der Zehe V ist sehr schwach. Der Abdruck des Vorderfußes ist kleiner und breiter als lang. Der Sprung des Hinterfußes ist 63 cm und sein Schrittwinkel beträgt 130°. Diese Ichnofossilien sind von Mietto et al. (2012) einem kleinen vierbeinigen Prosauropoden zugeschrieben worden. Wenn man das Unterkarnische Alter der Formation, die Datierung der ersten Dinosaurierreste (an der Grenze zwischen Karnium und Norium) und die stratigrafische Verteilung der primitiven Sauropodamorpha in Betracht zieht, scheint mir die Zuordnung zu einem Dinosaurier zweifelhaft.
In der Nähe des **Passo Giau** (Ortschaft Vare di Giau, Belluno) gibt es am Fuße des Westhanges der Gruppe von Lastoi de Formìn einige große Blöcke, die schlecht konservierte Fossilspuren aufweisen (Abb. **62**). Unter ihnen wurden Fährten eines vierbeinigen Tieres identifiziert, die den oben beschriebenen ähneln. Sie besitzen einen Hinterfuß der 30 cm lang und 25 cm breit ist, sowie einen kleineren Vorderfuß. Mietto et al. (2012) betrachten sie als dem Ichnogenus *Tetrasauropus* ähnlich. Sie halten die Spuren für einen Abdruck eines vierbeinigen Prosauropoden. Auch für diese Fährten gilt die obige Bemerkung über die zeitliche Verteilung der ersten Dinosaurier.
Ein großer Felsblock, der ebenfalls vom Cassianer Dolomit stammt und sich bei **Busa dei Cavai** (Mondevàl, San Vito di Cadore, Belluno) befindet, weist etwa zehn fast halbkreisförmige, schlecht konservierte Spuren auf. Nur in einem Fall wurde eine mögliche vierbeinige Fährte mit länglichen Spuren des Hinterfußes (sie sind 25 cm lang und 14 cm breit), sowie des Vorderfußes identifiziert, die fast halbkreisförmig und kleiner waren. Sie wurde von Mietto et al. (2012) als mögliche Fährte eines *Chirotherium* interpretiert.
In der Nähe der Berghütte **Rifugio Forcella Nuvolau** (M. Nuvolau, Belluno) sind im Cassianer Dolomit zahlreiche schlecht erhaltene und schwer zuordnungsfähige Spuren von Wirbeltieren identifiziert worden.
Bei der **Forcella Forada** (Borca di Cadore, Belluno) weist Mietto et al. (2012) die Präsenz von circa zwanzig großen subelliptischen Spuren nach, die in einer unregelmäßigen Fährte organisiert und in der Heiligkreuz Formation konserviert sind.
Beim **Settsass** (Provinz Bozen) ist auf einer Schichtoberfläche des Cassianer Dolomits ein Fährtensegment erhalten, das einen Meter lang ist und von einem kleinen vierbeinigen Tetrapoden mit breitem Körper hinterlassen wurde, das von Mietto et al. (2012) einem „Nicht-Dinosaurier-Reptil“ zugeschrieben wurde.
Beim Westhang des **Sasso della Croce** bei Heiligkreuz/Santa Croce in Val Badia (Provinz Bozen) gibt es einen Felsblock aus „karnischem

Al di fuori del Friuli: Dolomiti Bellunesi e occidentali - Nel Carnico delle Dolomiti, le orme fossili di vertebrati sono state preliminarmente segnalate da D'Orazi Porchetti et al. (2008), Avanzini et al. (2010) e Mietto et al. (2012) in tre Formazioni: la Dolomia Cassiana, la Formazione di Heiligkreuz e la Formazione di Travenanzes. La Dolomia Cassiana si è originata dalla deposizione di sedimento carbonatico su bassi fondali marini, la Formazione di Travenanzes ha un carattere più continentale, mentre la Formazione di Heiligkreuz - che ha fornito sia resti ossei sia orme - è intermedia tra le due dal punto di vista paleoambientale.

Nel versante orientale del **Gruppo del Lastoi de Formìn** (2600 m slm; Belluno) sono state individuate, su superfici di strato della Dolomia Cassiana alterate dal carsismo, alcune impronte mal conservate, inclusa una pista di un tetrapode quadrupede formata da quattro coppie di orme. L'impronta della zampa posteriore è lunga 15-20 cm e con le tracce di cinque dita come quelle della Val Dogna, ma è meno allungata e la traccia del dito V è assai debole; l'impronta della zampa anteriore è più piccola e più larga che lunga. La falcata della zampa posteriore è 63 cm e il suo angolo del passo è 130°. Questi icnofossili sono stati attribuiti da Mietto et al. (2012) ad un piccolo "prosauropode" quadrupede. Considerando l'età carnica inferiore della formazione, la datazione dei più antichi resti di dinosauro (al limite tra il Carnico e il Norico) e la distribuzione stratigrafica dei sauropodomorfi basali, l'attribuzione ad un dinosauro mi sembra dubbia.

Nei pressi di **Passo Giau** (località Vare di Giau, Belluno), alla base del versante occidentale del Gruppo del Lastoi de Formìn, vi sono alcuni grandi blocchi che presentano orme fossili mal conservate (Fig. **62**). Tra queste sono state identificate piste lasciate da un animale quadrupede simili a quelle descritte sopra, con una zampa posteriore lunga 30 e larga 25 cm ed una zampa anteriore più piccola (lunga 19 cm e larga 10 cm). Mietto et al. (2012) le considerano simili all'icnogenere *Tetrasauropus*, che ritengono prodotto da un "prosauropode" quadrupede; anche per queste piste vale il discorso fatto sopra sulla distribuzione temporale nota dei primi dinosauri.

Un grande masso, sempre di Dolomia Cassiana, che si trova alla **Busa dei Cavai** (Mondevàl, San Vito di Cadore, Belluno) presenta decine di orme subcircolari mal conservate. Solo in un caso è stata identificata una possibile pista quadrupede con orme della zampa posteriore allungate (sono lunghe 25 cm e larghe 14 cm) e quelle della zampa anteriore subcircolari e più piccole (5 cm). È stata interpretata da Mietto et al. (2012) come una possibile pista chiroteroide.

Nei pressi del **Rifugio Forcella Nuvolau** (M. Nuvolau, Belluno) sono state identificate, nella Dolomia Cassiana, numerose orme di vertebrati mal conservate e di difficile attribuzione.

Presso la **Forcella Forada** (Borca di Cadore, Belluno) Mietto et al. (2012) segnalano la presenza di una ventina di grandi orme subellittiche organizzate in una pista irregolare e conservate all'interno della Formazione di Heiligkreuz.

Al **Settsass** (Bolzano/Bozen), su di una superficie di strato della Dolomia Cassiana, è conservato un segmento di pista lungo un metro prodotto da un piccolo tetrapode quadrupede dal corpo largo, attribuito ad un "rettile non dinosauriano" da Mietto et al. (2012).

Nel versante occidentale del **Sasso della Croce** presso Heiligkreuz/Santa Croce in Val Badia (Bolzano/Bozen) c'è un masso di "dolomia carnica" con un'orma tridattile riferita da Mietto et al. (2012) ad un dinosauro teropode di piccole dimensioni.

D'Orazi Porchetti et al. (2008) hanno segnalato la scoperta di orme nella Formazione di Travenanzes (Carnico superiore) presso **Mezzocorona** (Trento). Il campione include piccole orme tridattili associate a tracce subcircolari, interpretate come impressioni della zampa anteriore ed attribuite all'icnogenere *Atreipus* Olsen & Baird 1986 (in genere riferito a piccoli dinosauriformi primitivi a postura quadrupede, come vedremo più avanti), piccole orme tridattili attribuite all'icnogenere *Grallator,* presunte impronte tetradattili riferite all'icnogenere *Evazoum* e orme chiroteroidi mal conservate. Sempre nella Formazione di Travenanzes, Avanzini et al. (2010) hanno descritto numerose tracce fossili di tetrapodi dei dintorni di **Cles** (Trento). La coppia meglio conservata di orme della zampa posteriore e anteriore sono state riferite all'icnospecie *Brachychirotherium eyermani* (Baird 1957), attribuita ad un arcosauro dal corpo simile a quello di un coccodrillo attuale, forse un primitivo coccodrillomorfo "sfenosuchide".

## Triassico superiore: Norico-Retico (228-201,3 milioni di anni fa)

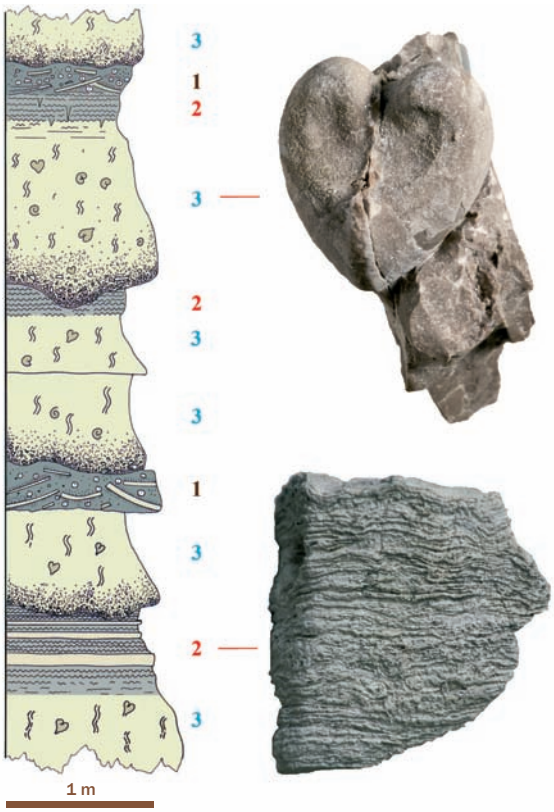
*Inquadramento geologico-stratigrafico*

Il Norico-Retico in Friuli, come in gran parte dell'Italia settentrionale e delle regioni contermini (Austria meridionale e Slovenia occidentale) è costituito principalmente dalla Formazione nota in Italia con il nome di **Dolomia Principale** e nei paesi di lingua tedesca con quello di *Hauptdolomit*. Altre formazioni norico-retiche presenti nelle Prealpi Carniche sono il Calcare del Dachstein, la Dolomia di Forni e il Calcare di Chiampomano. La Dolomia Principale rappresenta la deposizione nei bassi fondali e nelle piane tidali della piattaforma carbonatica e il suo spessore, nell'Italia nord-orientale, varia da 250 m in Val d'Adige fino a 2000 m in Cadore e nelle Prealpi Carniche (Bosellini & Hardie, 1988; Carulli et al., 2000). Il Calcare del Dachstein ricopre la Dolomia Principale in alcune zone delle Prealpi Carniche orientali (per esempio, al Monte Verzegnis) e nelle Alpi Giulie (dove raggiunge i massimi spessori, circa 700-800 metri), mentre è assente nelle Prealpi Carniche meridionali. Questa formazione si distingue dalla Dolomia Principale essenzialmente per essere costituita in prevalenza da calcari non dolomitizzati e, localmente, per la stratificazione indistinta. La Dolomia di Forni e il Calcare di Chiampomano sono grossomodo i corrispondenti bacinali di Dolomia Principale e Calcare del Dachstein e si distinguono immediatamente da questi per il colore scuro.

Le orme fossili sono state rinvenute tutte su massi di dolomia chiara nelle Dolomiti Friulane (Prealpi Carniche occidentali, Provincia di Pordenone) dove in pratica non c'è il Calcare del Dachstein e i carbonati giurassici e cretacei sono derivati da depositi di ambiente francamente marino e profondo. Per tale motivo, e per la presenza delle strutture sedimentarie tipiche della Dolomia Principale, non vi sono dubbi sulla loro provenienza da questa Formazione.

La Dolomia Principale si è originata dalla dolomitizzazione di sedimenti calcarei di piana di marea nelle parte interna (quella più lontana dal mare aperto) della piattaforma carbonatica (Bosellini, 1967; Bosellini &

HARDIE, 1988). È caratterizzata da cicli peritidali nei quali si alternano depositi subtidali, intertidali e sopratidali. I depositi subtidali - sedimentati al di sotto del livello di bassa marea in lagune e canali tidali - erano in origine costituiti da sabbie e fanghi carbonatici spesso ricchi di conchiglie dei grandi bivalvi **megalodontidi** (Fig. **63**) e formano strati di dolomia biancastra potenti e massicci. I depositi intertidali - originati nella zona ciclicamente esposta dalla marea - erano formati soprattutto da tappeti "algali" (mucillagini




**63** > Le facies peritidali della Dolomia Principale. A sinistra: una colonna che mostra la caratteristica alternanza di depositi originati in ambienti diversi; 1 = depositi sopratidali, 2 = depositi intertidali, 3 = depositi subtidali (Da BOSELLINI 1989, modificato). A destra, bivalve megalodontide (sopra) e stromatolite (sotto; il frammento è alto 12 cm circa).

Dolomit" mit einer tridactylen Spur, die von MIETTO et al. (2012) auf einen Theropoden kleiner Abmessungen zurückgeführt wurde.
D'ORAZI PORCHETTI et al. (2008) haben die Entdeckung von Spuren in der Travenanzes Formation (Oberkarnium) bei **Mezzocorona** (Trient) angezeigt. Das Fundstück schließt kleine tridactyle Spuren ein, die mit fast kreisförmigen Fährten assoziiert sind, die als Abdrücke des Vorderfußes interpretiert werden und dem Ichnogenus *Atreipus* (OLSEN & BAIRD, 1986) zugeordnet wurden. (Dies bezieht sich im Allgemeinen auf kleine primitive, vierbeinig laufende Dinosaurierarten, wie wir später sehen werden). Des Weiteren gibt es kleine tridactyle Spuren, die dem Ichnogenus *Grallator* zugeordnet wurden, sowie vermutliche tetradactyle Abdrücke, die sich auf das Ichnogenus *Evazoum* beziehen und schlecht erhaltene *Chirotherium*-Spuren. In der Travenanzes Formation haben AVANZINI et al. (2010) des Weiteren zahlreiche Fossilspuren von Tetrapoden in der Nähe von **Cles** (Provinz)Trient) beschrieben. Das am besten erhaltene Paar von Spuren des Hinter- und Vorderfußes wurde auf die Ichnospezies *Brachychirotherium eyermani* (BAIRD 1957) bezogen, die einem Archosauria zugesprochen wird, dessen Körper dem eines neuzeitlichen Krokodils ähnelt. Es könnte sich also vielleicht um einen primitiven Krokodilähnlichen „Sphenosuchia" handeln.

**Obertrias: Norium-Rhaetium**
**(vor 228-201,3 Millionen Jahren)**
***Geologisch-stratigrafische Einordnung***

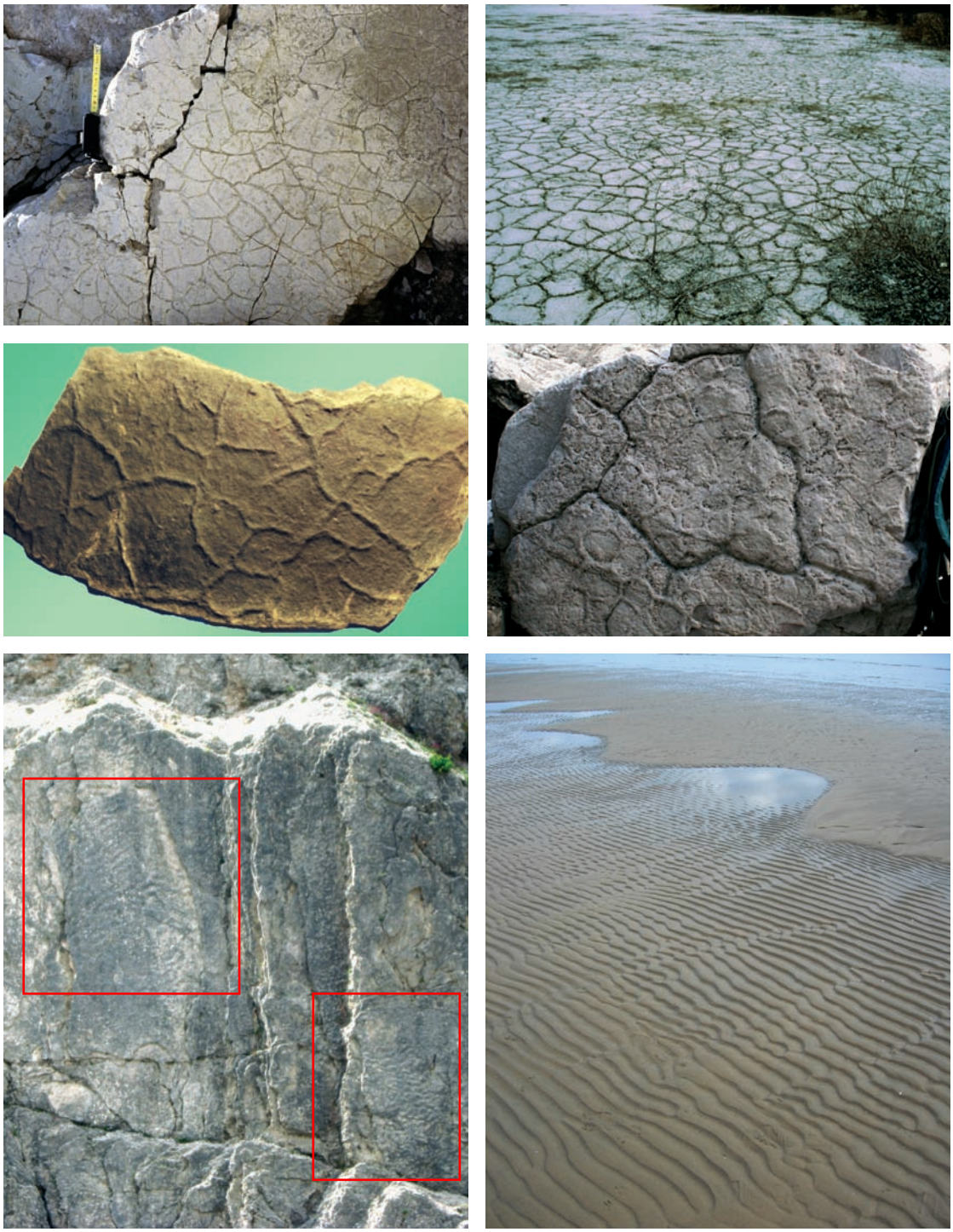
Das Norium-Rhaetium besteht im Friaul, wie in einem Großteil Norditaliens und den Nachbarregionen (Südösterreich und Westslowenien), vor allem aus der Formation, die in Italien unter dem Namen **Dolomia Principale** und in den deutschsprachigen Ländern unter dem Namen *Hauptdolomit* bekannt ist. Weitere Norium-Rhaetium-Formationen in den Karnischen Voralpen sind der Dachsteinkalk, der Forni Dolomit und der Chiampomano Kalkstein. Der Hauptdolomit stellt die Ablagerungen auf seichten Meeresböden und Überflutungsebenen der Karbonatplattform dar und seine Stärke variiert in Nordostitalien von 250 m im Etschtal bis zu 2000 m in der Cadore-Tallandschaft und in den Karnischen Voralpen (BOSELLINI & HARDIE, 1988; CARULLI et al., 2000). Der Dachsteinkalk bedeckt den Hauptdolomit in einigen Bereichen der östlichen Karnischen Voralpen (zum Beispiel beim Monte Verzegnis) und in den Julischen Alpen (wo er die größten Dicken von circa 700-800 Metern

erreicht), während er in den südlichen Karnischen Voralpen nicht vertreten ist. Die Formation unterscheidet sich im Hauptdolomit in erster Linie dadurch, dass sie vorrangig aus Nicht-Dolomit-Kalkgesteinen besteht und stellenweise eine undeutliche Schichtung aufweist. Der Forni Dolomit und der Chiampomano Kalkstein sind die entsprechenden Beckenfazies des Hauptdolomits und des Dachsteinkalks und unterscheiden sich davon sofort durch ihre dunkle Farbe.
Die Fossilspuren sind alle auf hellem Dolomitfelsen in den Friauler Dolomiten (Westliche Karnische Voralpen, Provinz Pordenone) gefunden worden, wo es keinen Dachsteinkalk gibt und die Jura- und Kreidekarbonate von Ablagerungen tiefer Meeresumfelder stammen. Deshalb und wegen des Vorhandenseins von typischen Sedimentstrukturen des Hauptdolomits ist ihre Herkunft aus dieser Formation zweifelsfrei beweisbar.
Der Hauptdolomit ist durch die Dolomitisierung von Kalksedimenten von Wattflächen im Inneren (weiter vom offenen Meer entfernten) Teil der Karbonatplattform entstanden (Bosellini, 1967; Bosellini & Hardie, 1988). Er zeichnet sich durch peritidale Zyklen aus, bei denen sich Ablagerungen abwechseln, die sich unter, in und über den Gezeitenbewegungen befanden. Die subtidalen Ablagerungen, die sich unter dem Ebbeniveau in Lagunen und Gezeitenkanälen abgelagert hatten, bestanden ursprünglich aus Karbonatsand und -schlamm, der häufig aus großen **Megalodon**-Muschelschalen (Abb. **63**) gebildet war und mächtige und massive weißliche Dolomitschichten formt. Die intertidalen Ablagerungen, die in dem Bereich entstanden, der zyklisch den Gezeiten ausgesetzt war, hatten sich vor allem aus Algenteppichen (Bakterienschleimen, die das feine Lockersediment festhielten) gebildet, die dicht geschichtete Felsen kreiert haben, die **Stromatolithen** genannt werden (Abb. **63**). Die sogenannten 'sopratidalen' Ablagerungen, die weniger mächtig als die anderen waren und oberhalb des durchschnittlichen Flutniveaus ihren Ursprung hatten, bestanden aus kleinen Brekzien und anderen Produkten, die durch die Änderung von vorher bestehenden Ablagerungen entstanden, aus Sturmschichten (Sediment, das im Verlauf von Stürmen und anderen katastrophalen Wetterereignissen in Richtung Erde transportiert wurde) und dünnen Mergelschichten, die vielleicht in nicht dauerhaften Wasserbecken entstanden waren. In den Gesteinen, die aus Ablagerungen oberhalb und in der Gezeitenbewegung stammen,

batteriche che trattenevano il sedimento fine) che hanno prodotto rocce fittamente laminate chiamate **stromatoliti** (Fig. **63**). I depositi sopratidali - meno spessi degli altri e originati al di sopra del livello medio dell'alta marea - erano costituiti da breccioline ed altri prodotti dell'alterazione di depositi preesistenti, strati di tempesta (il sedimento trasportato verso terra dalle onde durante gli uragani ed altri eventi atmosferici catastrofici) e sottili livelli marnosi forse originati in specchi d'acqua effimeri. Nelle rocce derivate dai depositi sopratidali ed intertidali si rinvengono i poligoni di disseccamento del fango esposto all'aria (*mud cracks*; Fig. **64**). In quelle originate dai sedimenti intertidali e subtidali, ma di bassa profondità, si possono trovare le increspature d'onda o da corrente (Fig. **64**).
L'età della Dolomia Principale si estende probabilmente dal Carnico terminale al Retico (De Zanche et al., 1993; Carulli et al., 2000), un intervallo di circa 27 milioni di anni.

*Paleogeografia*

Durante il Norico, il grande oceano della Tetide si incuneava nel fianco orientale dell'enorme massa del megacontinente Pangea, dividendola in una parte settentrionale - il Laurasia - e in una meridionale - il Gondwana, formato da Afroarabia, America meridionale, Antartide, Australia e India. Il Friuli costituiva solo una piccola porzione di un'ampia e piatta zona di mare basso che bordava il margine orientale del Pangea e si affacciava sull'immenso golfo tetideo (Fig. **65**). In gran parte del Friuli, come di tutta l'Italia settentrionale e parte dell'Italia centrale e meridionale, della Slovenia occidentale e di quelle che in seguito diventeranno le odierne Svizzera, Germania meridionale, Austria e Unghe-

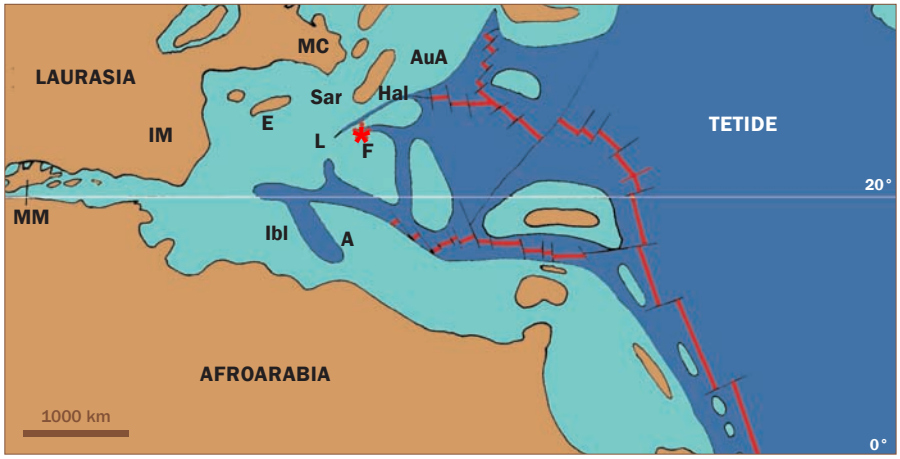


**64 >** Strutture sedimentarie conservate nella Dolomia Principale delle Dolomiti Friulane e loro analoghi attuali. Sopra: poligoni di disseccamento del fango. Sotto: increspature da onda.

findet man die Austrocknungsflächen des der Luft ausgesetzten Schlammes (*mud cracks*; Abb. **64**). In den Ablagerungen, die von Sedimenten in und unterhalb der Gezeitenbewegung, aber in geringer Tiefe stammen, kann man dagegen die Wellen- oder Strömungsrippeln finden (Abb. **64**).
Das Alter des Hauptdolomits dehnt sich vermutlich vom Endkarnium bis zum Rhaetium aus (De Zanche et al., 1993; Carulli et al., 2000).

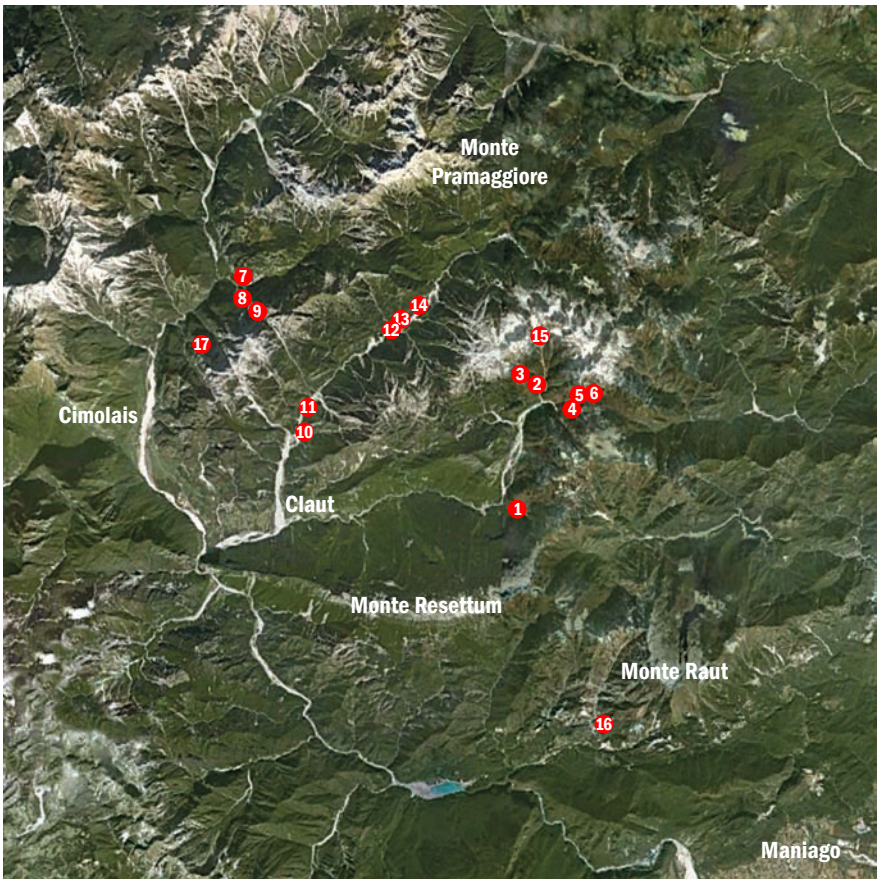
***Paläogeographie***
Während des Noriums drang der große Tethysozean in die Ostseite der enormen Masse des Megakontinents Pangäa ein und teilte sie in einen nördlichen Teil, Laurussia, und einen südlichen Teil, Gondwana, der aus Afro-Arabien, Südamerika, Antarktis, Australien und Indien bestand. Das Friaul bildete nur einen kleinen Teil eines weitläufigen und flachen, seichten Meeresbereiches, der den Ostrand von Pangäa umrahmte und auf den riesigen Tethys-Golf blickte (Abb. **65**). In einem Großteil des Friauls, wie in ganz Norditalien und einem Teil von Mittel- und Süditalien, Westslowenien und den Gebieten, die später zur heutigen Schweiz, zu Süddeutschland, Österreich und Ungarn werden sollten, breitete sich ein flaches und einheitliches, seichtes Meeresgebiet aus, das in der geologischen Terminologie als Karbonatplattform genannt wird, wo sich vor allem Karbonatsedimente ablagerten, die von den harten Teilen von Meeresorganismen stammten. Die Landschaft war von sehr weitläufigen Wattflächen dominiert, die von Gezeitenkanälen durchzogen und von Lagunen und mehr oder weniger großen Inseln bedeckt waren. Ein aktuelles Beispiel, das oft genannt wird, um diesen unseren Teil der Welt während der Trias zu beschreiben, sind die Bahamas. Allerdings musste unser Gebiet aus klimatischer Sicht eher dem heutigen Persischen Golf ähnlich sein. Das Klima war heiß, weil man sich circa am 20. - 25. nördlichen Breitengrad oder noch näher am Äquator in den Tropen befand. Viele Beweise suggerieren, dass das Klima, zumindest für einen Großteil der Ablagerungen des Hauptdolomits, eher trocken war und das Festland der Karbonatplattform (wo die Tiere lebten, die die Spuren verursachten, die ich beschreiben möchte), zumindest zwischen dem Ende des mittleren Noriums und dem Beginn des Oberen Noriums) von einer xerophilen Vegetation mit zahlreichen Nadelbäumen bedeckt war.
Während des Noriums sank die Karbonatplattform im nördlichen Friaul stellenweise aufgrund der Spannungen der Erdkruste ein. Diese sorgten dann in der Folgezeit für die Zerstückelung des Megakontinents und führten letztlich nach vielen Millionen Jahren zur heutigen Verteilung der Kontinente. In Karnien entstand das Karnische Becken, das 300 - 400 m tief war. Es befand sich nur wenige Kilometer vom Plattformgebiet entfernt, auf dem die Tetrapoden ihre Spuren hinterlassen hatten, die die Region bewohnten (siehe Dalla Vecchia, 2012). Ob diese Tiere in ihrer Gesamtheit oder nur zum Teil vor oder während des Bestehens des Karnischen Beckens gelebt haben, kann noch nicht festgestellt werden. Wie wir sehen werden, ist sicher, dass die ziemlich großen Tetrapoden, von denen die Spuren auf der Plattform stammen, keine Reste in den Gesteinen hinterlassen haben, die durch die Sedimente entstanden, die am Boden des Beckens abgelagert wurden. Dort findet man nur Reptilien geringer Abmessungen, wie Pterosaurier (die flogen), Megalancosaurier (die auf Bäumen lebten) und Langobardisaurier (mit spezialisierten Zähnen und wahrscheinlich keine Wassertiere).

Die Friauler Dolomiten - Die erste Fossilspur wurde in den Friauler Dolomiten im September 1992 von Giampaolo Borsetto zu Füßen eines Wasserfalls des Rio di Cjasevent in der Nähe des gleichnamigen Casera in der Gemeinde Claut entdeckt. Danach (1994-1996) wurden zahlreiche Felsblöcke mit Abdrücken von Tetrapoden insbesondere von Mauro Caldana gefunden, der auch in diesem Jahrhundert neue paläoichnologische Funde entdeckt hat. Die Ichnofossilien sind auf einer Schichtoberfläche von 17 Felsblöcken erhalten, die von den oberhalb gelegenen Bergwänden in mindestens neun verschiedenen Orten zwischen Claut, Cimolais und Andreis herunter gefallen sind (Abb. **66**).
Die Ichnofossilien wurden eingangs von Dalla Vecchia & Mietto (1998) und Dalla Vecchia (2002 e 2006) erforscht. Die nach dem Jahr 2000 gefundenen Stücke waren Gegenstand der Doktorarbeit von Marco Marzola an der Universität Ferrara, die 2012 mit Fabio M. Dalla Vecchia und Giuseppe Muscio als Korrelatoren und Benedetto Sala als Doktorvater diskutiert wurde.
Die Identifizierung der Morphologie der Spuren aus den Friauler Dolomiten und folglich ihrer *trackmaker* wird durch den mittelmäßigen, zum Teil besonders schlechten, Konservierungszustand erschwert, der auf die ursprünglichen Eigenschaften des Karbonatgesteins zurückzuführen ist, in dem sie abgedrückt und von dem sie bedeckt sind, sowie dessen Dolomitisierung. Scheinbar kommen



**65 >** Paleogeografia della Tetide occidentale durante il Norico (da Dalla Vecchia, 2008). Blu=mare profondo, azzurro= mare basso, ocra= terre emerse. A=Apulia, AuA= Australpino, E= Massiccio dell'Ebro, F=Friuli, Hal=Hallstätt, Ibl=Monti Iblei, IM=Meseta Iberica, L=Lombardia, MC =Massiccio Centrale, MM=Meseta Marocchina, Sar=Sardegna. Sotto: visione aerea di una piattaforma carbonatica attuale (Isole Bahamas).

ria, si estendeva una piatta ed uniforme zona di mare basso, che nella terminologia geologica è denominata "piattaforma carbonatica", in cui si depositavano essenzialmente sedimenti carbonatici derivati dalla disgregazione delle parti dure - conchiglie, teche, talli, ecc. - degli organismi marini. Il paesaggio era dominato da vastissime piane di marea attraversate da canali tidali ramificati e costellato di lagune e isole più o meno grandi. Un esempio odierno che viene spesso chiamato in causa per descrivere questa nostra parte del mondo durante il Triassico sono le Isole Bahamas, isolate nell'oceano e caratterizzate da ampie piane tidali carbonatiche. Tuttavia, dal punto di vista climatico la nostra zona doveva apparire più simile all'odierno Golfo Persico. Il clima era caldo perchè ci si trovava ai Tropici, circa 20-25 gradi di latitudine nord, più o meno dove oggi sono situate le Isole Hawai e il Mar Rosso, o forse ancora più vicini all'Equatore. Molte evidenze di vario tipo (geologico, sedimentologico, mineralogico, paleobotanico, ecc.) suggeriscono che - almeno per gran parte della deposizione della Dolomia Principale - il clima fosse tendenzialmente arido e le parti emerse della piattaforma carbonatica (dove vivevano gli animali che hanno prodotto le orme che mi accingo a descrivere) fossero ricoperte -




**66 >** Posizione dei massi con orme nella zona del Parco delle Dolomiti Friulane (Prealpi Carniche), numerati in ordine di descrizione nel testo. 1) presso Casera Cjasevent, 2) Ciol della Fratta A; 3) Ciol della Fratta B; 4-6) fianco meridionale del Monte Caserine Basse (rispettivamente, primo, secondo e terzo masso); 7) T. Pezzeda; 8) Ciol del Tramontin A; 9) Ciol del Tramontin B; 10-14) massi della Val Settimana; 15) Forcella delle Pregoiane; 16) Alto Rio Susaibes; 17) Val Scandoler.

tridactyle und mesaxonische (die mittlere Zehe war die längste des Fußes, die Zehe III) Abdrücke am häufigsten vor. Derartige Spuren sind in 17 Felsbrocken mit Ichnofossilien vorhanden (für den von Forcella delle Pregoiane bleibt das Urteil ausgesetzt, wie wir sehen werden). Nur eine dieser tridactylen Spuren ist mehr als 30 cm und zwei sind 25 cm lang oder etwas länger. Lediglich zwei isolierte und wahrscheinlich alle eines Felsblocks der Ortschaft Ciolòn haben eine Länge von 15 cm oder weniger, während die restlichen (mindestens 30 Spuren, wenn man die Fährten als einzelne Spuren betrachtet) zwischen 15 und 25 cm liegen. Auch wenn die Abdrücke in Fährten organisiert waren, war es nie möglich, eine weitere Spur klar zu erkennen (die eines eventuellen Vorderfußes). (Hiervon ausgeschlossen ist der zweifelhafte Fall von Forcella delle Pregoiane). Folglich erscheint es, als ob die Abdrücke von zweibeinigen Tieren mit einem Hinterfuß hinterlassen wurden, der funktionell tridactyl ist.

almeno tra la fine del Norico medio e l'inizio del Norico superiore - da una vegetazione xerofila dominata dalle coniferali.

Durante il Norico, la piattaforma carbonatica nel Friuli settentrionale sprofondò localmente a causa delle tensioni nella crosta terrestre che avrebbero in seguito causato lo smembramento del megacontinente e - in ultima analisi - portato, dopo molte decine di milioni di anni, all'odierna disposizione dei continenti. Si originò in Carnia il Bacino Carnico, forse profondo 300-400 m e situato a pochi chilometri dalla zona di piattaforma su cui hanno lasciato le orme i tetrapodi che popolavano la regione (si veda Dalla Vecchia, 2012). Se questi animali siano vissuti - tutti o in parte - prima o

durante l'esistenza del Bacino Carnico non è ancora possibile stabilirlo. Di certo, nelle rocce derivate dai sedimenti deposti sul fondo del Bacino non si trovano i resti dei tetrapodi di dimensioni relativamente grandi che - come vederemo - hanno prodotto le orme sulla piattaforma, ma solo "rettili" di dimensioni modeste, come gli pterosauri (che volavano), i megalancosauri (che vivevano sugli alberi) ed i langobardisauri (con una dentatura specializzata e probabilmente non acquatici).

Le Dolomiti Friulane - La prima orma fossile nelle Dolomiti Friulane è stata scoperta nel settembre 1992 da Giampaolo Borsetto mentre riempiva d'acqua una borraccia ai piedi di una cascata del Rio di Cjasevent (Casavento) nei pressi dell'omonima Casera in comune di Claut. In seguito (1994-1996), numerosi massi con impronte di tetrapodi sono state rinvenute da Mauro Caldana di Cordenons, che ha continuato a trovare nuovi reperti paleoicnologici anche nel secolo entrante. Gli icnofossili sono conservati sulle superfici di strato di 16 o 17 massi caduti dalle pareti delle montagne sovrastanti in almeno nove differenti località nei comuni di Claut, Cimolais e Andreis (Fig. **66**).

Queste tracce fossili sono state studiate in via preliminare da Dalla Vecchia & Mietto (1998) e Dalla Vecchia (2002 e 2006). I reperti rinvenuti dopo il 2000 sono stati l'oggetto della tesi magistrale di Marco Marzola presso l'Università di Ferrara, discussa nel 2012 con Fabio M. Dalla Vecchia e Giuseppe Muscio come correlatori e Benedetto Sala come relatore.

L'identificazione della morfologia delle orme delle Dolomiti Friulane, e conseguentemente dei loro autori, è resa difficile dal mediocre - talvolta pessimo - stato di conservazione causato soprattutto dalle caratteristiche originarie del sedimento carbonatico nel quale furono impresse e dal quale sono state ricoperte, nonché dalla sua dolomitizzazione. Apparentemente, le impronte più comuni sono quelle tridattili e mesassoniche (il dito più lungo della zampa era quello centrale, il dito III). Tali orme sono presenti in 15 dei 17 massi contenenti icnofossili (il giudizio rimane sospeso per quello di Forcella delle Pregoiane, come vedremo). Di tali orme tridattili, solo una supera i 30 cm di lunghezza e due raggiungono o superano di poco i 25 cm; solo due isolate e probabilmente tutte quelle di un masso della località Ciolòn hanno una lunghezza pari o inferiore a 15 cm, mentre le restanti (almeno 30 orme, considerando le piste come orme singole) sono comprese tra i 15 e i 25 cm. Non è mai stato possibile individuare chiaramente un'altra orma (quella di una eventuale zampa anteriore) vicina ed associata a queste impronte tridattili, anche quando sono organizzate in piste (a parte il dubbio caso di Forcella delle Pregoiane) e quindi appaiono lasciate da animali bipedi con una zampa posteriore funzionalmente tridattile.

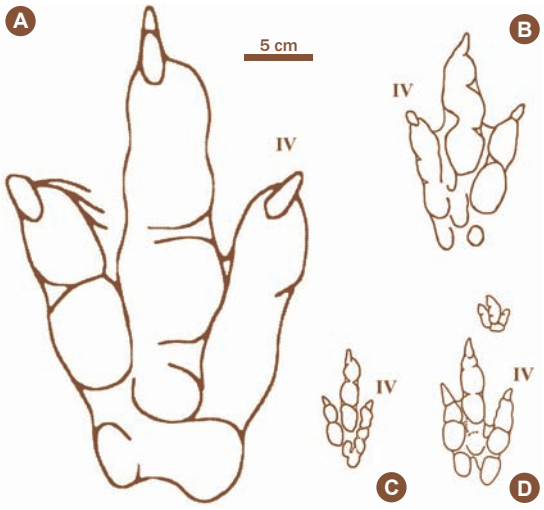
L'interpretazione di questi icnofossili e l'identificazione del loro autore presenta numerosi problemi. Le impronte apparentemente tridattili e apparentemente organizzate in piste bipedi, se mal conservate e in rocce triassiche, possono essere interpretate in modo sbagliato e la loro attribuzione deve essere fatta con estrema cautela. Nonostante appaiano tridattili, potrebbero essere orme parzialmente conservate della zampa posteriore pentadattile di piste chiroteroidi (si veda la Fig. **41** in basso a destra) nelle quali la traccia della zampa anteriore non si riconosce perchè debolmente

Die Auswertung dieser Ichnofossilien und die Identifizierung ihres Urhebers bringen zahlreiche Probleme mit sich. Die scheinbar tridactylen Abdrücke, die scheinbar in zweibeinigen Fährten organisiert sind, können, wenn sie schlecht erhalten sind und sich in Trias-Gestein befinden, fehlinterpretiert werden und ihre Zuordnung muss mit extremer Vorsicht erfolgen. Obwohl sie tridactyl erscheinen, könnte es sich um zum Teil erhaltene Spuren des pentadactylen Hinterfußes von *Chirotherium* handeln (siehe Abb. **41** unten rechts), bei denen die Spur des Vorderfußes nicht erkennbar ist, weil sie schwach abgedrückt ist und folglich von exogenen Wirkstoffen, wie Gezeitenströmungen oder Wellengang, ausgelöscht wurde. Diese Hypothese ist schwer beweisbar und bleibt somit Theorie. Sie kann aber auf Basis der Verlängerung des Abdrucks der Zehe III gegenüber den anderen beiden Zehen, des Rückprojektions-Abdrucks der Zehe IV gegenüber dem der Zehe II und der Krümmung der Abdrücke der Zehen II und IV verworfen werden.
Die in der Obertrias und der Unterkreide gefundenen tridactylen Spuren beziehen sich üblicherweise auf drei Ichnogenera - *Eubrontes*, *Anchisauripus* und *Grallator* (Abb. **67A-C**) - im Wesentlichen auf Basis der Abmessungen und - zum Teil - des Gesamtabstands der Zehen (Olsen et al., 1998; Klein & Haubold, 2007). Die Spuren, die sich auf *Eubrontes* beziehen, sind mehr als 25 cm lang und weisen einen Gesamtabstand der Zehen von 25-40° auf; die Spuren von *Anchisauripus* sind zwischen 15 und 25 cm lang, mit einem Längen-/Breitenverhältnis der Spur von 2 und einem Gesamtabstand der Zehen von 20-35°; die Spuren von *Grallator* sind weniger als 15 cm lang, haben ein Längen-/Breitenverhältnis der Spur von 2 oder größer, einen Gesamtabstand der Zehen von 10-30° und die Spur der Zehe III dehnt sich deutlich weiter nach vorne aus als die der anderen Zehen. Der Gesamtabstand der Zehen hängt allerdings ebenso vom Substrat ab, auf dem der Fährtenurheber die Abdrücke hinterlassen hat, wie von seiner Gangart. *Eubrontes* und *Anchisauripus* beziehen sich im Allgemeinen auf Theropoden-Dinosaurier, während *Grallator* sowohl Theropoden als auch Nicht-Dinosauriern zugeordnet wurde. Das Ichnogenus der Trias *Atreipus* (Abb. **67D**) hinterlässt einen trydactylen Abdruck des Hinterfußes, zeichnet sich aber durch das gleichzeitige Vorhandensein des Vorderfußabdrucks aus, der tridactyl oder tetradactyl (selten pentadactyl) und im Vergleich zum Hinterfuß sehr klein ist. Letzterer

impressa e quindi cancellata dagli agenti esogeni come le correnti di marea o il moto ondoso. Questa ipotesi è difficilmente dimostrabile e come tale rimane teorica, ma può essere scartata sulla base dell'allungamento dell'impronta del dito III rispetto agli altri due, della proiezione posteriore dell'impronta del dito IV rispetto a quella del dito II e della curvatura delle impronte delle dita II e IV.
Le orme tridattili rinvenute nel Triassico superiore e Giurassico inferiore sono riferite di solito a tre icnogeneri - *Eubrontes*, *Anchisauripus* e *Grallator* (Fig. **67A-C**) - essenzialmente sulla base delle dimensioni e - in parte - della divaricazione totale (Olsen et al., 1998; Klein & Haubold, 2007). Le orme riferite ad *Eubrontes* sono più lunghe di 25 cm e presentano una divaricazione totale di 25°-40°; quelle di *Anchisauripus* sono lunghe tra 15 e 25 cm, con un rapporto lunghezza/larghezza dell'orma uguale a 2 e una divaricazione totale di 20°-35°; quelle di *Grallator* sono lunghe meno di 15 cm, hanno un rapporto lunghezza/larghezza dell'orma uguale o maggiore di 2, una divaricazione totale di 10°-30° e la traccia del dito III che si estende sensibilmente più in avanti di quelle delle altre dita. La divaricazione totale, tuttavia, dipende dal substrato su cui l'autore ha impresso le impronte (che nel caso del materiale originario su cui sono stati istituiti i tre icnogeneri era una sabbia silicea di ambiente continentale) e dalla sua andatura. *Eubrontes* e *Anchisauripus* sono in genere riferiti a dinosauri teropodi, mentre *Grallator* è stato attribuito sia a dinosauri teropodi sia a dinosauromorfi non dinosauri. L'icnognere triassico *Atreipus* (Fig. **67D**) ha un'impronta della zampa posteriore tridattile, ma è caratterizzato dalla concomitante presenza dell'impronta

della zampa anteriore che è tridattile o tetradattile (raramente pentadattile) e molto piccola rispetto a quella della zampa posteriore che comunque non supera i 15 cm di lunghezza come *Grallator*; in quest'ultima le impronte delle dita II e IV terminano posteriormente grossomodo alla stessa altezza e spesso con una traccia distinta del cuscinetto metatarsale fornendo all'orma un aspetto simmetrico. *Atreipus* è stato riferito a dinosaurormorfi non dinosauri ad andatura quadrupede.

Numerosi arcosauri triassici, tra loro relativamente distanti filogeneticamente, presentavano una zampa posteriore funzionalmente tridattile o che in determinate condizioni poteva produrre orme tridattili. Questi includono, tra i dinosauri, i teropodi, i saurischi basali (basale, significa "primitivo", nel senso che si trova alla base dell'albero filogenetico del gruppo), gli ornitischi basali e forse anche sauropodomorfi basali (che includono le specie un tempo comprese nel taxon Prosauropoda che è risultato parafiletico in varie analisi filogenetiche recenti) e, tra i non-dinosauri, i dinosauromorfi non dinosauriani (per esempio, i silesauridi) e persino alcuni arcosauri pseudosuchi (*sensu* Nesbitt, 2011). Inoltre, l'attribuzione ad un gruppo o ad un altro è complicato dal fatto che la posizione sistematica di molti dinosauri triassici (che, essendo i più antichi, sono i più primitivi - o meno derivati, usando una terminologia cladistica) è dibattuta: per esempio, *Herrerasaurus ischigualastensis* Reig 1963 (che è una delle specie meglio conosciute) è considerato da alcuni autori un teropode primitivo mentre per altri è un saurischio primitivo al di fuori di Theropoda.




**67 >** Orme tridattili triassiche. A) *Eubrontes giganteus* (Baird 1957), olotipo; B) *Anchisauripus sillimani* (Hitchcock 1843), olotipo C) *Grallator parallelus* (Hitchcock 1847), olotipo (composito); D) *Atreipus sulcatus* (Baird 1957), composito. A-C da Olsen et al. (1998) e D da Olsen & Baird (1986). IV = dito IV.

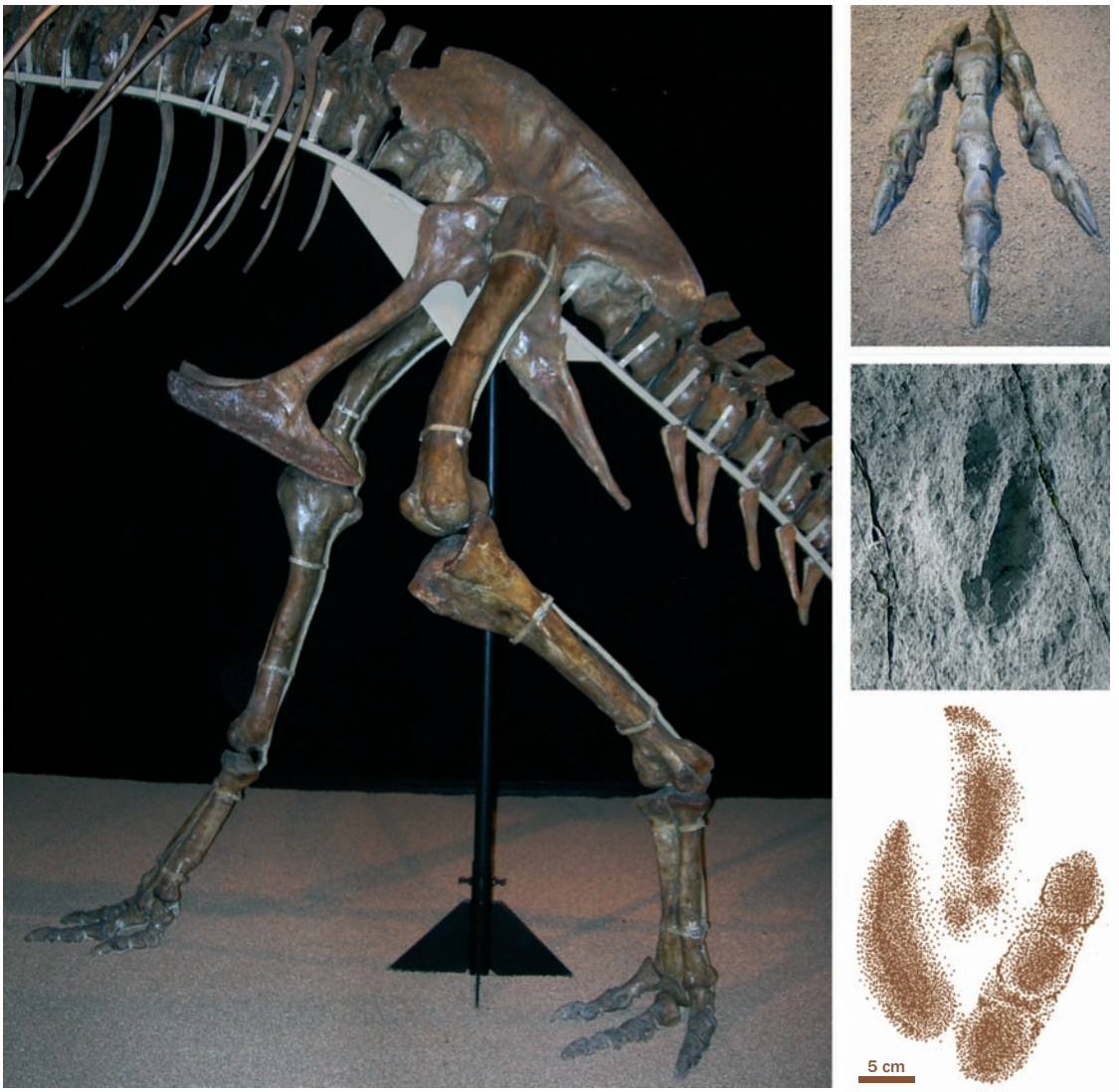
Alcuni di questi potenziali *trackmakers* possono essere esclusi sulla base delle loro dimensioni corporee dedotte dai resti scheletrici noti. La maggior parte degli autori delle orme tridattili delle Dolomiti Friulane aveva una lunghezza corporea totale stimata (sulla base della ricostruzione scheletrica di *Herrerasaurus ischigualastensis* presa come modello per la morfologia corporea di un *trackmaker* bipede) che oscilla tra 2,3 e 3,8 m (in media è intorno ai 3 m), mentre il più grande potrebbe essere stato lungo tra i 4,5 e i 5,5 m circa ed il più piccolo intorno ai 155 cm. La maggior parte dei dinosauri triassici bipedi o facoltativamente tali e dalla zampa funzionalmente tridattile (o potenzialmente tale, a seconda di quanto era sviluppato e di come era utilizzato il dito I) aveva una lunghezza corporea stimata minore di due metri; pure i dinosauromorfi non dinosauriani che probabilmente erano bipedi facoltativi - come i silesauridi e i lagerpetonidi - avevano dimensioni ridotte ed erano, dunque, più pic-

coli della maggior parte dei *trackmakers* che scorrazzavano sulle piane tidali triassiche del Friuli. Le orme tridattili più grandi potrebbero essere state prodotte da dinosauri come *Herrerasaurus ischigualastensis* (lungo fino a 4,5 m) e *Liliensternus liliensterni* (VON HUENE 1934) (un teropode che poteva raggiungere i 5,2 m di lunghezza) e dallo pseudosuco *Poposaurus gracilis* MEHL 1915 (lungo circa 5 m), ma *Herrerasaurus ischigualastensis* e *Poposaurus gracilis* avevano un dito I relativamente lungo che probabilmente toccava il suolo e producevano, quindi, orme tetradattili (si consideri che, però, il dito I lasciava un'impronta relativamente piccola e potrebbe non essere visibile in orme mal conservate). *Liliensternus liliensterni* sembra avere un dito I ridotto, come molti altri teropodi. La maggior parte dei *trackmakers* tridattili delle Dolomiti Friulane possedevano dimensioni vicine a quelle dell'herrerasauride *Chindesaurus bryansmalli* LONG & MURRY 1995

**68 >** Il Rio di Casavento.
A) il masso con le orme è al centro e leggermente sulla sinistra;
B) particolare del masso (l'orma tridattile intera è al centro del masso).

(lungo 2,4 m) e del teropode *Coelophysis bauri* Cope 1889 (lungo fino a tre metri). Mentre non sappiamo nulla della zampa posteriore di *Chindesaurus bryansmalli*, quella di *Coelophysis bauri* aveva un dito III che si estendeva molto più in avanti rispetto al II e IV e un dito I che difficilmente avrebbe toccato il suolo. Quindi, secondo lo stato attuale delle conoscenze, i teropodi sono i migliori candidati come autori della maggior parte delle orme tridattili della Dolomia Principale. Si tenga però in considerazione che si hanno scarse informazioni sulla struttura scheletrica degli arti di questi animali (le zampe sono tra le prime parti del corpo a disarticolarsi durante la decomposizione ed il trasporto di una carcassa) e che abbiamo testimonianza solo di una minima parte delle specie che popolavano il mondo alla fine del Triassico.
Secondo Klein & Haubold (2007), nella parte sommitale del Triassico (Norico-Retico) sono dominanti due tipi di orme: quelle tridattili impresse da animali di solito - ma non sempre - bipedi (icnogeneri *Grallator* - *Eubrontes; Atreipus* quando quadrupedi) e le piste chiroteroidi, già diffuse in tutto il Triassico, soprattutto con l'icnogenere *Brachychirotherium*.
Le affinità delle orme friulane sono di seguito discusse dopo una breve descrizione. Le altezze all'anca dei *trackmakers* tridattili sono state calcolate mediante entrambi i metodi menzionati a pag. 38 e il valore riportato è una media delle valori ottenuti.

**Ciol de Cjasevent presso Casera Casavento/Cjasevent (Claut)** - Due orme consecutive di una stessa pista sono conservate sulla superficie di un grande masso di dolomia grigio chiaro alla base di un'alta cascata alla fine del Ciol (canalone) che si trova a poche centinaia di metri a nord-est della Casera Cjasevent (Fig. **68A**). Sono state impresse su di un tappeto algale (stromatolite), testimoniato dalla fitta laminazione irregolare. Un'impronta è intera, chiaramente tridattile, lunga 35 cm e con un bordo di espulsione ben evidente intor-




**69 >** L'orma di Casavento ed il suo possibile autore, un grande dinosauro teropode. A sinistra: arti posteriori di un grande dinosauro teropode. A destra, dall'alto in basso: scheletro della zampa posteriore di un grande dinosauro teropode, foto e disegno dell'orma completa di Casavento.

überschreitet in jedem Fall nicht eine Länge von 15 cm, wie *Grallator*. Beim Hinterfuß enden die Abdrücke der Zehe II und IV hinten etwa auf der gleichen Höhe und oft mit einer deutlichen Spur des Mittelfußballens, was der Spur ein symmetrisches Aussehen verleiht. *Atreipus* wurde als vierbeiniger dinosaurierartiger Nicht-Dinosaurier angesehen.
Zahlreiche Archosauria der Trias, die phylogenetisch relativ unterschiedlich sind, wiesen einen funktionell tridactylen Hinterfuß oder einen Hinterfuß auf, der unter bestimmten Bedingungen tridactyle Spuren verursachen konnte. Unter den Dinosauriern schließen diese Theropoden, sogenannte 'basale' Echsenbeckensaurier ('basal' bedeutet „primitiv" im Sinne derer, die sich an der Basis des Stammbaums der Gruppe befinden), 'basale' Vogelbeckensaurier und vielleicht auch 'basale' Sauropodamorpha ein (die die Spezies einbeziehen, die einst im Taxon „Prosauropoda"

**70 >** La valorizzazione turistico-culturale del sito.

no alla sua parte posteriore (Fig. **68B**). É relativamente allungata (L/W = 1,52), l'impronta del dito III è decisamente più lunga di quelle delle dita II e IV, la divaricazione totale è moderatamente bassa (52°). Le impronte delle dita sono relativamente sottili, l'impronta del "tallone" è piccola, quella del dito IV presenta tre impronte di cuscinetti interfalangeali (quelli che popolarmente chiamiamo "polpastrelli") e si prolunga posteriormente rispetto a quella del dito III. È riferibile all'icnogenere *Eubrontes*. Solo la parte posteriore della seconda e successiva impronta è conservata e non fornisce ulteriori informazioni sulla morfologia della zampa dell'autore. Il passo è lungo un metro. La pista è stata attribuita ad un dinosauro teropode (Fig. **69**) da Dalla Vecchia & Mietto (1998) e questa sembra ancora l'attribuzione più plausibile, se l'orma è realmente tridattile e l'autore bipede come appare. L'altezza all'anca è stimata in 174 cm: si tratta del *trackmaker* di maggiori dimensioni nel campione delle Dolomiti Friulane (se si esclude l'enigmatico reperto di Forcella delle Pregoiane). Considerando le falcata approssimativa-

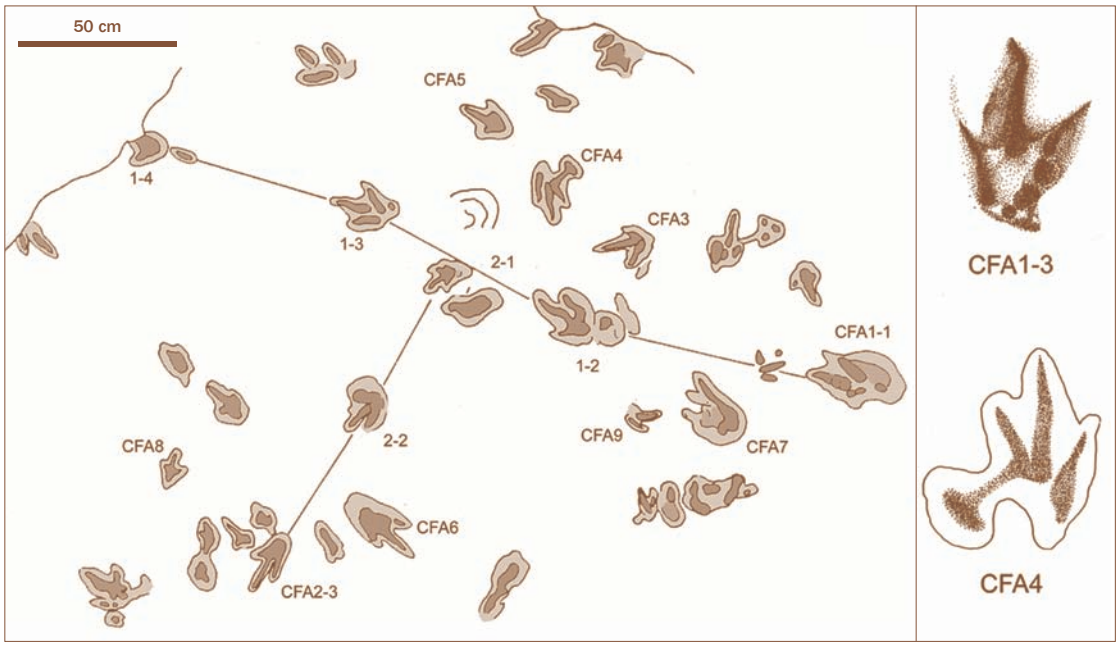
inbegriffen war, der sich bei verschiedenen jüngeren phylogenetischen Untersuchungen als paraphyletisch erwies).
Unter den Nicht-Dinosauriern, schließen diese Saurier (zum Beispiel Silesaurier) und sogar einige Archosauria-Pseudosuchia ein (*sensu* Nesbitt, 2011). Außerdem wird die Zuteilung zu einer oder einer anderen Gruppe durch die Tatsache erschwert, dass die systematische Stellung der Trias-Dinosaurier (die die ältesten und deshalb primitivsten sind) umstritten ist: Zum Beispiel *Herrerasaurus ischigualastensis* (eine der besser bekannten Spezies) wird von einigen Autoren als primitiver Theropode betrachtet, während diese Spezies von anderen als primitiver Echsenbeckensaurier angesehen wird, der kein Theropode ist.
Einige dieser potentiellen *trackmaker* können aufgrund ihrer Körperabmessungen ausgeschlossen werden. Der Großteil der Urheber der tridactylen Spuren der Friauler Dolomiten hat eine geschätzte Gesamtkörperlänge (auf Basis der Skelettrekonstruktion von *Herrerasaurus ischigualastensis*, die für die Körpermorphologie eines zweibeinigen *trackmakers* als Modell genommen wird), die zwischen 2,3 und 3,8 Metern (durchschnittlich 3,2 Metern) liegt, während der längste zwischen circa 4,5 und 5,5 m und der kleinste ungefähr 155 cm lang gewesen sein konnte. Der Großteil der zweibeinigen oder wahlweise bipeden Dinosaurier aus der Trias mit funktionell tridactylem Fuß (oder potentiell tridactylem Fuß, je nachdem wie die Zehe I entwickelt war und verwendet wurde) hatte eine geschätzte Körperlänge von weniger als zwei Metern. Sogar die Nicht-Dinosaurier, die wahrscheinlich wahlweise biped waren, wie Silesaurier und Lagerpetonidae, hatten geringe Abmessungen und waren folglich kleiner als die meisten *trackmaker*, die sich auf den Wattflächen der Trias des Friaul tummelten. Die größeren tridactylen Spuren könnten von Dinosauriern wie *Herrerasaurus ischigualastensis*, (die bis zu 4,5 m lang wurden) und *Liliensternus liliensterni*, (einem Theropoden, der eine Länge von 5,2 m erreichte) und vom Pseudosuchia *Poposaurus gracilis*, (der circa 5 m lang war) stammen. *Herrerasaurus ischigualastensis* und *Poposaurus gracilis* hatten allerdings eine ziemlich lange Zehe I, die wahrscheinlich den Boden berührte und folglich tetradactyle Spuren schuf. (Es ist aber zu beachten, dass die Zehe I einen relativ kleinen Abdruck hinterließ, der bei schlecht erhaltenen Spuren nicht sichtbar sein könnte). *Liliensternus liliensterni*

scheint eine gekürzte Zehe I zu haben, wie viele andere Theropoden. Die meisten tridactlyen *trackmaker* der Friauler Dolomiten hatten ähnliche Größenverhältnisse wie die von Herrerasauridae *Chindesaurus bryansmalli* (2,4 m lang) und von Theropoden *Coelophysis bauri* (bis zu 3 Meter lang). Während wir nichts vom Hinterfuß von *Chindesaurus bryansmalli* wissen, hatte der von *Coelophysis bauri* eine Zehe III, die sich im Vergleich zu Zehe II und IV viel weiter nach vorne ausdehnte und eine Zehe I, die nur schwerlich den Boden berührte. Folglich sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand die Theropoden die besten Kandidaten als Urheber der meisten tridactylen Spuren des Hauptdolomits. Man sollte allerdings in Betracht ziehen, dass man über die Skelettstruktur der Gliedmaßen dieser Tiere (die Beine gehören zu den ersten Körperteilen, die sich während der Zersetzung und des Transports eines Gerippes zerlegen) spärliche Informationen hat. Außerdem haben wir nur über einen geringfügigen Teil der Spezies Beweise, die die Welt am Ende der Trias bevölkerten.
Laut Klein & Haubold (2007) dominieren im oberen Teil der Trias (Norium-Rhaetium) zwei Spurenarten: Jene Tridactylen, die üblicherweise, aber nicht immer, von zweibeinigen Tieren eingeprägt wurden (Ichnogenera *Grallator - Eubrontes*; *Atreipus,* wenn vierbeinig) und die Chirotherium-Fährten, die bereits in der gesamten Trias, vor allem mit dem Ichnogenus *Brachychirotherium* verbreitet waren. Die Hüfthöhen der tridactylen *trackmakers* wurden mit den auf S. 38 erwähnten Methoden berechnet und der wiedergegebene Wert ist ein Mittelwert der erhaltenen Werte.

**Ciol de Cjasevent bei Casera Casavento/Cjasevent (Claut)** - Zwei aufeinander folgende Spuren der gleichen Fährte sind auf der Oberfläche eines großen Felsblocks von hellgrauem Dolomit am Fuße eines weiteren Wasserfalls am Ende der sogenannten 'Ciol' (Schlucht) erhalten. Der Felsen befindet sich wenige hundert Meter nordöstlich von Casera Cjasevent (Abb. **68A**). Die Spuren sind auf einem Algenteppich (Stromatolith) eingeprägt worden, was die dichte unregelmäßige Laminierung bezeugt. Ein Abdruck ist vollständig, klar tridactyl, 35 cm lang und er besitzt einen klar sichtbaren Ausstoßrand rund um den hinteren Teil des Abdrucks (Abb. **68B**). Die Spur ist relativ länglich, der Abdruck der Zehe III ist deutlich länger als der der Zehen II und IV, der Gesamtabstand der Zehen ist ziemlich niedrig (52°). Die Zehenabdrücke sind

mente come il doppio del passo, il rapporto falcata/altezza all'anca è 1,15 e l'autore quando ha impresso le orme stava camminando ad una velocità moderata di circa 4,7 km/ora.
Il sito dove si trova il masso è stato attrezzato per i visitatori dall'Ente Parco Dolomiti Friulane con la collocazione di un pannello a due facce che spiega la geologia locale, le orme e il loro possibile autore (Fig. **70**).

**Ciol della Fratta (a monte delle Grave di Gere, Claut)** - In questo canalone che scende lungo il fianco orientale del M. Cornaget sono stati identificati due massi con icnofossili di vertebrati.
Il primo masso, quello situato più in basso topograficamente (Ciol della Fratta A, 1350 m slm), conserva due corte piste, almeno cinque orme isolate e circa 15 depressioni che potrebbero essere orme (Fig. **71**). Tutte le orme esclusa una sono tridattili, lunghe 15,5-20 cm e con tracce delle dita affusolate. Quelle meglio conservate della pista principale (CFA1, quattro orme consecutive) sono lunghe 17-18 cm, moderatamente strette (rapporto lunghezza/larghezza = 1,38-1,42), con una divaricazione totale di 40°. Cadono nella classe dimensionale di *Anchisauripus*. La falcata è 156,5-159 cm e l'angolo del passo è 165-170°. Le orme tridattili sono state attribuite a dinosauri bipedi di ridotte dimensioni (plausibilmente teropodi) e la pista principale ad un teropode non molto grande ma nemmeno minuscolo (Fig. **72**). L'altezza al bacino di quest'ultimo è stimata in circa 80 cm, il rapporto falcata/altezza (SL/h) è dunque all'incirca 2,0 (al limite tra cammino e "trotto") e la velocità stimata è 7,9 km/ora.
Un'orma lunga 18 cm assomiglia alle orme tridattili, ma presenta l'impressione di un



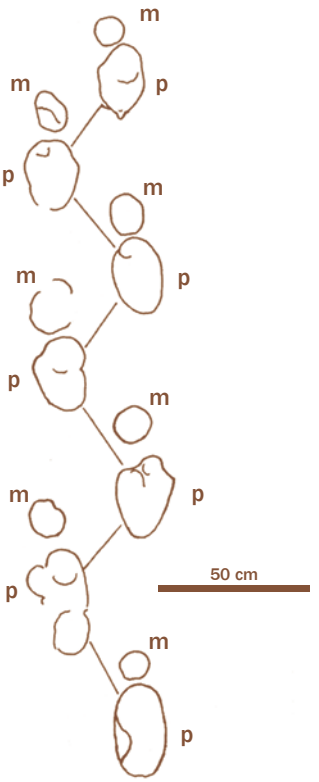

**71 >** Il masso della località Ciol della Fratta A. Sotto: mappa delle orme; a destra, un'orma tridattile (sopra) e una tetradattile (sotto).

**72** > Ricostruzione di un dinosauro teropode primitivo di dimensioni medio-piccole (disegno di Lukas Panzarin).

quarto dito ed è, perciò, tetradattile (Fig. **71**). Dalla Vecchia & Mietto (1998) hanno sottolineato la corrispondenza morfologica con l'icnogenere *Sphingopus* e con la morfologia delle zampe dei "prosauropodi" (= sauropodomorfi basali) gracili come *Anchisaurus* e *Sellosaurus*. Tuttavia, *Sphingopus* è segnalato solo nel Triassico medio da Klein & Haubold (2007). Come sottolineato Dalla Vecchia (2008), altri saurischi primitivi o teropodi basali (per esempio, gli herrerasauridi) avevano zampe posteriori che toccavano il suolo con quattro dita e potrebbero essere considerati potenziali autori di questa orma.

Il secondo masso (Ciol della Fratta B), situato a quota 1697 m slm, nel 1997 preservava una pista con sette coppie di controimpronte delle zampe anteriori e posteriori impresse, quindi, da un *trackmaker* quadrupede (Figg. **73-74**). Nel 2012 si era spostato a valle ed aveva perso delle parti (Mauro Caldana, com. pers.). Le orme della zampa posteriore erano ellittiche od ovali, lunghe 27-28 cm e larghe 19-20 cm; una appariva tridattile mesassonica con impronte delle dita molto corte ed arrotondate. Non si apprezzava rotazione, nè esterna nè interna. Le orme della zampa anteriore erano, invece, subcircolari e lunghe 9,5-16 cm; si trovavano davanti all'impronta della zampa posteriore o leggermente spostate medialmente. La falcata delle zampa posteriore era 69,5-76,5 cm (media = 73,5 cm), quella della zampa anteriore era 72-78 cm; la larghezza esterna della pista (zampa posteriore) era 43-45 cm, la larghezza interna (zampa posteriore) era 7-8 cm e l'angolo del passo piuttosto basso (102°-111°). L'altezza al bacino dell'autore è stimata in circa 110 cm. L'animale aveva un corpo relativamente largo e si stava spostando lentamente, ma le impronte della zampa posteriore dirette in avanti e parallele alla direzione di marcia e l'assenza di segni lasciati dal trascinamento del ventre e della coda suggeriscono una certa postura eretta e un'andatura relativamente efficiente. Dalla Vecchia & Mietto (1998) hanno attribuito questa pista ad un dinosauro "prosauropode" (=sauropodomorfo basale) che si muoveva sulle quattro zampe o ad un grande arcosauro crurotarso (Fig. **74**), vale a dire, potrebbe essere una pista chiroteroide mal conservata.

**Fianco meridionale del Monte Caserine Basse (a monte delle Grave di Gere, Claut)** - Tre massi con orme sono stati localizzati in questa zona. Il primo masso si trova a quota 1390 m slm in località Ciolòn. La superficie esposta conserva numerose depressioni alcune delle quali, relativamente profonde, sono indubbiamente orme fossili di ridotte dimensioni (circa 13 cm di lunghezza) e probabilmente tridattili in origine (si distingue la trac-

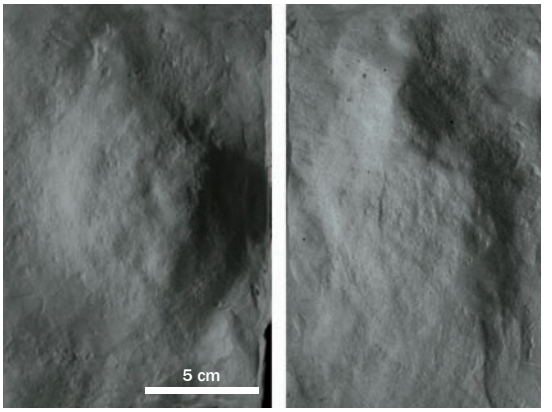



**73 >** Il masso della località Ciol della Fratta B. A destra: mappa della pista.

**74 >** Viste diverse della pista sul masso della località Ciol della Fratta B. Sotto: un possibile autore (un etosauro).

ziemlich schmal, der Abdruck der „Ferse“ ist klein, der der Zehe IV weist drei Abdrücke von Zwischenzehenballen auf, (die man im Allgemeinen mit „Zehenkuppen“ benennt) und verlängert sich im Vergleich zur Zehe III nach hinten. Er kann dem Ichnogenus *Eubrontes* zugeschrieben werden. Nur der hintere Teil des zweiten und folgenden Abdrucks ist erhalten und liefert keine weiteren Informationen über die Fußmorphologie des *trackmaker*. Der Schritt ist einen Meter lang. Die Fährte wurde (Abb.

**75 >** Il primo masso del fianco meridionale del M. Caserine Basse (località Ciolòn). Sotto: i calchi delle due orme meglio conservate (quelle indicate nella foto a sinistra).



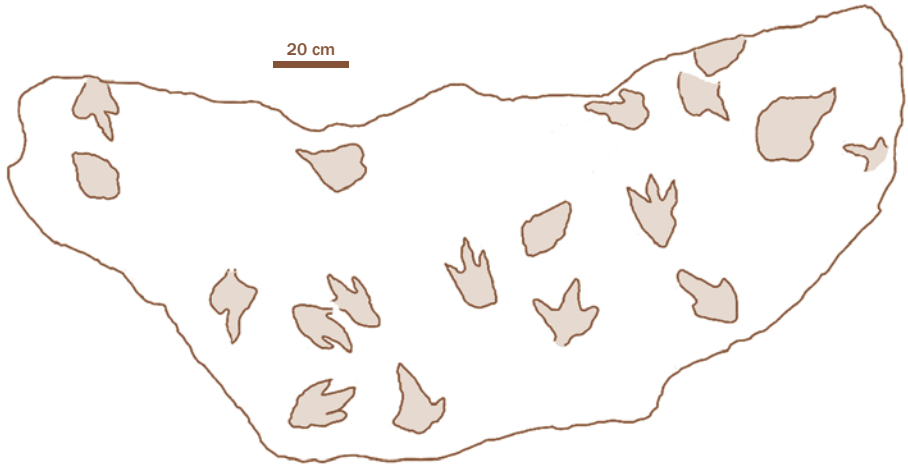

cia del dito III che si estende in avanti), ma molto mal conservate (Fig. **75**). Ricadono, dunque, nella classe dimensionale di *Grallator*. Data la morfologia e le dimensioni è prudente non attribuirle ad un gruppo preciso; comunque è probabile che siano state impresse da dinosauromorfi. Se le consideriamo pragmaticamente come prodotte da "piccoli dinosauri bipedi", possiamo stimare la loro altezza all'anca mediante i rapporti morfometrici in circa 60 cm.

Il secondo masso si trova a quota 1500 m slm e presenta 18 controimpronte, alcune delle quali piuttosto rilevate, ma non ben conservate (Fig. **76**). La maggior parte delle tracce sono state impresse da una zampa funzionalmente tridattile e ha una lunghezza che oscilla intorno ai 20 cm (la classe dimensionale di *Anchisauripus*), corrispondente ad altezze all'anca di circa 90 centimetri. Forse sono presenti pure un paio di corti segmenti di pista.

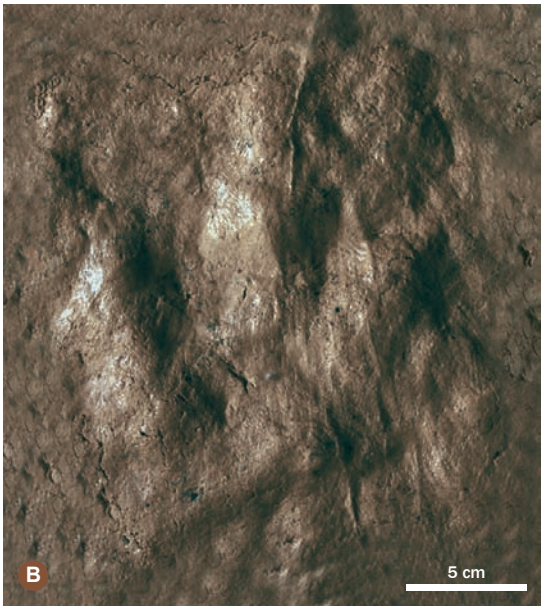
Il terzo masso si trova a quota 1520 m slm e contiene una controimpronta tridattile lunga circa 25 cm, moderatamente allungata (L/W = 1,47) e con divaricazione totale piuttosto bassa (Fig. **77**). La traccia del dito centrale si proietta in avanti molto più di quella delle altre due dita; il dito esterno destro - identificabile come IV - termina più posteriormente dell'altro (si tratta, dunque, di un'orma della zampa posteriore sinistra). La terminazione anteriore della traccia delle dita è appuntita. L'orma si colloca al limite tra le classi dimensionali di *Eubrontes* e *Anchisauripus*, ma è meno allungata di *Anchisauripus*. È riferibile ad un dinosauro teropode e l'altezza all'anca dell'autore è stimata in 122 cm.

**Valle del Torrente Pezzeda (Val Cimoliana, Cimolais)** - Un masso con orme si trova a

**76 >** Il secondo masso del fianco meridionale del M. Caserine Basse. Sotto: mappa delle orme (da Marzola, 2012, modificato).




**77 >** Il terzo masso del fianco meridionale del M. Caserine Basse. A destra: particolare dell'orma.




**78 >** La possibile pista sul masso del T. Pezzeda. A) le orme contornate con il gesso, ma solo la seconda e la terza sono chiaramente identificabili. B) il calco della seconda orma.

quota 940 m slm sul letto del torrente vicino alla confluenza del Ciol del Tramontin. Il masso contiene un segmento di pista formata da due o forse quattro deboli orme tridattili (Fig. **78A**). La seconda impronta, la più marcata (Fig. **78B**) è lunga 20 cm (ricade dunque nella classe dimensionale di *Anchisauripus*) e relativamente ampia (il rapporto lunghezza/larghezza è 1,25). Il dito III è sensibilmente più lungo degli altri due e le loro terminazioni distali non sono chiaramente appuntite. La traccia del dito esterno destro si estende posteriormente più del sinistro e sembra essere connesso alla traccia di un cuscinetto metatarsale centrale. Se si considera il *trackmaker* un teropode, l'altezza all'anca è stimata in poco più di 90 cm. L'angolo del passo è elevato (circa 175°), ma la falcata è solo 57 cm. Come si può immediatamente capire dal basso valore di quest'ultima in confronto alle dimensioni dell'orma, l'autore si spostava camminando molto lentamente; infatti, SL/h è 0,62 e la velocità stimata è di soli 1,2 km/ora, quasi un quarto di quella di un uomo che cammina tranquillamente. Questo contrasta con l'elevato angolo del passo ed è chiaramente anomalo.

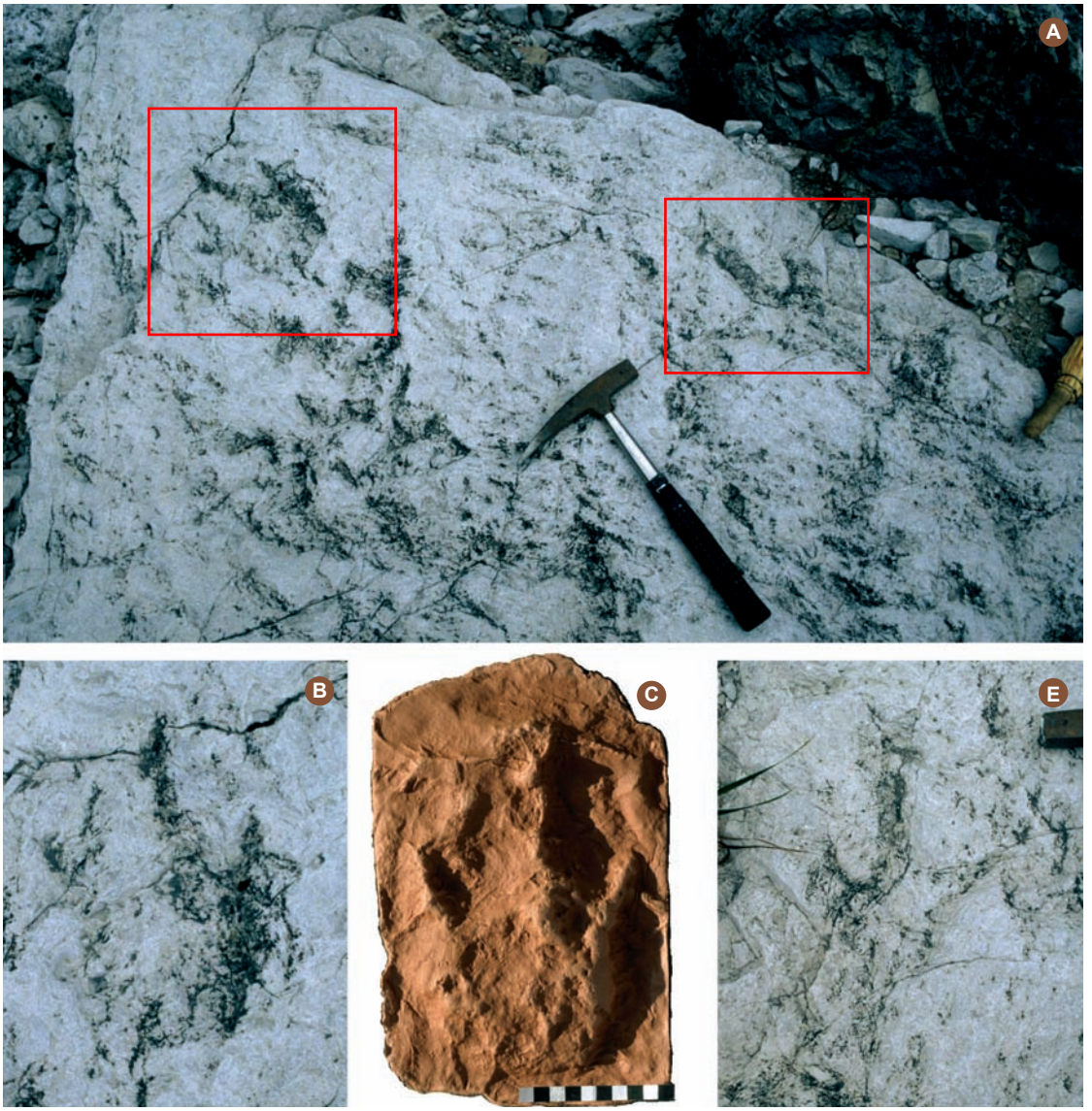
**Ciol del Tramontin (Val Cimoliana, Cimolais)** - Due massi con orme fossili probabilmente conservate su livelli stromatolitici sono stati segnalati in questo canalone percorso da un rio che confluisce nel T. Pezzeda.

Il primo masso (Ciol del Tramontin A), situato a quota 1240 m slm, presenta almeno quattro impronte tridattili isolate e parecchie depressioni che sono probabilmente orme mal conservate (Fig. **79**). Le impronte sono lunghe 16-21 cm (ricadono, dunque, nella classe dimensionale di *Anchisauripus*), larghe 11,5-

69) von Dalla Vecchia & Mietto (1998) einem Theropoden-Dinosaurier zugeschrieben und dies scheint die plausibelste Zuordnung zu sein, da die Spur tridactyl und der Urheber scheinbar biped ist. Die Hüfthöhe wird auf 174 cm geschätzt: Es handelt sich hier um den größten *trackmaker* der Fundstücke der Friauler Dolomiten (wenn man den rätselhaften Fund von Forcella delle Pregoiane ausschließt). Wenn man in Betracht zieht, dass der Sprung fast doppelt so groß ist wie der Schritt, so beträgt des Sprung-/Schrittverhältnis bei der Hüfte 1,15 und der Fährtenerzeuger lief mit einer gemäßigten Geschwindigkeit von circa 4,7 km/h. Der Standort, wo sich der Felsblock befindet, wurde vom Parco Dolomiti Friulane für Besucher ausgestattet (Abb. 70).

**Ciol della Fratta (oberhalb der 'Grave di Gere', Claut)** - In dieser langen Schlucht entlang des M. Cornaget wurden zwei Felsblöcke mit Ichnofossilien von Wirbeltieren identifiziert.
Der erste Felsblock, der topographisch am tiefsten liegt (Ciol della Fratta A, 1350 m über dem Meeresspiegel) konserviert zwei kurze Fährten, mindestens fünf isolierte Spuren und circa 15 Vertiefungen, die Spuren sein könnten (Abb. 71). Alle Abdrücke ausschließlich eines sind trydactyl, 15,5 - 20 cm lang und mit schmalen Zehenspuren. Die am besten erhaltenen der Hauptfährte (CF1, vier aufeinander folgende Spuren) sind 17 - 18 cm lang, mäßig schmal, mit einem Gesamtabstand der Zehen von 40°. Sie fallen in die Größenklasse von *Anchisauripus*. Der Sprung beträgt 156,5 - 159 cm und der Schrittwinkel 165 - 170°. Die trydactylen Spuren wurden zweibeinigen Dinosauriern kleiner Abmessungen (glaubwürdigerweise Theropoden) und die Hauptfährte einem Theropoden zugeschrieben (Abb. 72). Die Beckenhöhe von Letzterem wird auf circa 80 cm geschätzt, das Sprung-/Schritt-/Höhenverhältnis (SL/h) beträgt folglich circa 2,0 (an der Grenze zwischen Schritt und „Trab") und die geschätzte Geschwindigkeit liegt bei 7,9 km/h.
Eine 18 cm lange Spur ähnelt den tridactylen Spuren, weist aber den Abdruck einer vierten Zehe auf und ist folglich tetradactyl. Dalla Vecchia & Mietto (1998) haben die morphologische Übereinstimmung mit dem Ichnogenus *Sphingopus* und mit der Morphologie der Füße von schmächtigen „Prosauropoda", wie *Anchisaurus* und *Sellosaurus* unterstrichen. Allerdings wird *Sphingopus* von Klein & Haubold (2007) erst in der Mitteltrias erwähnt. Wie von Dalla Vecchia (2008) hervorgehoben, hatten andere primitive Echsenbeckensaurier (zum Beispiel die Herrerasauridae) Hinterfüße, die den Boden mit vier Zehen berührten und sie könnten als potentielle Urheber dieser Spur betrachtet werden.
Der zweite Felsblock (Ciol della Fratta B), der sich in einer Höhe von 1697 m über dem Meeresspiegel befindet, konservierte 1997 eine Fährte mit sieben Paar Gegenabdrücken von Vorder- und Hinterfuß, also von einem vierbeinigen *trackmaker* (Abb.en 73-74). Im Jahr 2012 war er ins Tal abgegangen und hatte Teile verloren (Mauro Caldana, pers. Kom.). Die Spuren des Hinterfußes waren elliptisch, 27-28 cm lang und 19-20 cm breit; eine erschien mesaxonisch tridactyl und mit sehr kurzen und abgerundeten Zehenabdrücken. Man erkannte keine Drehung, weder extern, noch intern. Die Abdrücke des Vorderfußes waren dagegen fast kreisförmig und 9,5 - 16 cm lang. Sie befanden sich vor dem Abdruck des Hinterfußes oder leicht mittig versetzt. Der Sprung des Hinterfußes betrug 69,5-76,5 cm, der des Vorderfußes 72-78 cm. Die äußere Breite der Fährte (Hinterfuß) lag bei 43-45 cm, die innere Breite (Hinterfuß) bei 7-8 cm und der Schrittwinkel war ziemlich niedrig (102°-111°). Die Beckenhöhe des Fährtenerzeugers wird auf circa 110 cm geschätzt. Das Tier hatte einen relativ breiten Körper und bewegte sich langsam fort, aber die Abdrücke des Hinterfußes waren nach vorne gerichtet und zur Laufrichtung parallel. Das Fehlen von Schleifspuren von Bauch und Schwanz suggeriert eine gewisse aufrechte Haltung und eine ziemlich effiziente Gangart. Dalla Vecchia & Mietto (1998) haben diese Fährte einem „Prosauropoda"-Dinosaurier, der sich auf vier Füßen fortbewegte oder einem großen Crurotarsi-Archosauria zugeschrieben (Abb. 74), d. h. es könnte sich um eine schlecht erhaltene Fährte eines *Chirotheriums* handeln.

**Südseite des M. Caserine Basse (oberhalb der 'Grave di Gere', Claut)** - Drei Felsblöcke mit Spuren wurden in diesem Gebiet aufgefunden. Die erste befindet sich in einer Höhe von 1390 m über dem Meeresspiegel in der Ortschaft Ciolòn. Die exponierte Oberfläche konserviert zahlreiche Vertiefungen von denen einige ziemlichen Tiefgang haben. Es handelt sich zweifelsohne um Fossilspuren geringer Abmessungen (~13 cm Länge), die wahrscheinlich ursprünglich tridactyl waren (man unterscheidet die Spur der Zehe III, die sich nach vorne ausdehnt), die aber sehr schlecht erhalten sind (Abb. 75). Sie fallen also in



**79 >** Le orme del masso della località Ciol del Tramontin A. A) parte del masso con le due orme meglio conservate; B-D) rispettivamente, foto, calco e disegno interpretativo dell'orma meglio conservata. E) foto dell'altra orma.

15 cm (il rapporto lunghezza/larghezza è 1,39-1,4) con impressioni delle dita slanciate e quella del dito III sempre sensibilmente più lunga delle altre. L'orma meglio conservata è stata prodotta da una zampa posteriore sinistra, è lunga 21 cm, larga 15 cm, presenta una divaricazione totale di 28° e la traccia dell'artiglio nell'impronta del dito II (Fig. **79B-C**). Questi icnofossili sono stati riferiti da Dalla

die Größenklasse von *Grallator*. Angesichts der Morphologie und der Abmessungen ist es umsichtig, sie nicht einer präzisen Gruppe zuzuordnen. Es ist in jedem Fall wahrscheinlich, dass diese Abdrücke von Dinosauriomorpha stammen. Wenn wir sie pragmatisch als von „kleinen zweibeinigen Dinosauriern“ betrachten, können wir ihre Hüfthöhe durch die morphometrischen Beziehungen auf circa 60 cm schätzen.

Der zweite Felsblock befindet sich in einer Höhe von 1500 m über dem Meeresspiegel und weist 18 Gegenabdrücke auf, von denen einige ziemlich angehoben, aber nicht gut erhalten sind (Abb. **76**). Der Großteil der Spuren wurden von einem funktionell tridactylen Fuß abgedrückt und hat eine

Vecchia & Mietto (1998) a dinosauri bipedi, probabilmente teropodi. L’altezza al bacino del *trackmaker* dell’orma meglio conservata è stimata in 96,5 cm.

Il secondo masso (Ciol del Tramontin B), situato circa a quota 1600 m slm, presenta un’orma tridattile e parte della probabile orma successiva in un segmento di pista (Fig. **80A**). L’orma meglio conservata (Fig. **80B-D**), pro-

**80** > Le orme del masso della località Ciol del Tramontin B. A) foto del masso, B) dettaglio dell’orma meglio conservata con C) calco e D) disegno interpretativo.

Längevon etas 20 cm (Größenklasse von *Anchisauripus*), was einer Hüfthöhe von ~90 Zentimetern entspricht. Vielleicht gibt es sogar einige kurze Fährtensegmente.
Der dritte Felsblock befindet sich in einer Höhe von 1520 m über dem Meeresspiegel und enthält einen tridactylen Gegenabdruck, der ~25 cm lang, mäßig länglich ist und einen ziemlich niedrigen Gesamtabstand der Zehen besitzt (Abb. **77**). Die Spur der mittleren Zehe dehnt sich im Vergleich zu den anderen beiden Zehen viel weiter nach vorne aus. Die äußere Zehe, die als die Zehe IV erkennbar ist, endet weiter hinten als die andere (es handelt sich folglich um die Spur des linken Hinterfußes). Die vordere Zehenspur endet spitzig. Sie muss zwischen den Größenklassen von *Eubrontes* und *Anchisauripus* eingeordnet werden, ist allerdings weniger länglich als die von *Anchisauripus*. Sie kann auf einen Theropoden bezogen werden und die Hüfthöhe des Fährtenerzeugers wird auf 122 cm geschätzt.

**Tal des Torrente Pezzeda (Val Cimoliana, Cimolais)** - Ein Felsblock mit Spuren befindet sich in einer Höhe von 940 m über dem Meeresspiegel im Bett des Wildbaches in der Nähe des Zusammenflusses des 'Ciol del Tramontin'. Der Felsen enthält ein Fährtensegment, das aus zwei oder vielleicht vier schwachen tridactlyen Spuren besteht (Abb. **78A**). Der zweite Abdruck, der stärker sichtbar ist, (Abb. **78B**) ist 20 cm lang, (fällt deswegen in die Größenklasse von *Anchisauripus*) und er ist relativ breit. Die Zehe III ist deutlich länger als die anderen beiden und ihre distalen Enden erscheinen nicht spitzig. Die äußere rechte Zehenspur breitet sich weiter als die Linke nach hinten aus und scheint mit einem metatarsalen mittleren Ballen mit der Spur verbunden zu sein. Wenn man den *trackmaker* als einen Theropoden ansieht, so wird die Hüfthöhe auf etwas mehr als 90 cm geschätzt. Der Schrittwinkel ist hoch (circa 175°), aber der Sprung beträgt nur 57 cm. Der Fährtenerzeuger bewegte sich durch sehr langsames Gehen fort: Denn die SL/h liegt bei 0,62 und die geschätzte Geschwindigkeit bei nur 1,2 km/h, fast nur ein Viertel der ruhigen Schrittgeschwindigkeit eines Menschen. Dies steht im Widerspruch zum hohen Schrittwinkel und ist eindeutig abnorm.

**Ciol del Tramontin (Val Cimoliana, Cimolais)** - Zwei Felsblöcke mit Fossilspuren, die wahrscheinlich auf stromatolithischem Niveau erhalten sind, sind in dieser Schlucht angezeigt worden, wo sich der Zusammenfluss in den T. Pezzeda befindet.
Der erste Felsblock (Ciol del Tramontin A), der in einer Höhe von 1240 m über dem Meeresspiegel liegt, weist mindestens vier isolierte tridactyle Abdrücke und zahlreiche Vertiefungen auf, die wahrscheinlich schlecht erhaltene Spuren sind (Abb. **79**). Die Abdrücke sind 16 - 21 cm lang (und fallen damit in die Größenklasse von *Anchisauripus*). Sie sind 11,5 - 15 cm breit, besitzen schlanke Zehenabdrücke und der Abdruck der Zehe III ist immer deutlich länger als der der anderen Zehen. Die besser erhaltene Spur stammt von einem linken Hinterfuß. Sie ist 21 cm lang, 15 cm breit und weist einen Gesamtabstand der Zehen von 28° ebenso auf. Des Weiteren befindet sich die Krallenspur im Zehenabdruck II (Abb. **79B-C**). Diese Ichnofossilien wurden von Dalla Vecchia & Mietto (1998) auf zweibeinige Dinosaurier, wahrscheinlich Theropoden bezogen. Die Beckenhöhe des *trackmaker* der besser erhaltenen Spur wird auf 96,5 cm geschätzt.
Der zweite Felsblock (Ciol del Tramontin B), der sich auf einer Höhe von circa 1600 m über dem Meeresspiegel befindet, weist eine tridactyle Spur und einen Teil der wahrscheinlich folgenden Spur auf (Abb. **80A**). Die besser konservierte Spur (Abb. **80B-D**) ist relativ klein, weil sie 15-16 cm lang ist (an der Grenze der Größenklassen von *Anchisauripus* und *Grallator*). Sie ist mäßig länglich, mit einem geringen Gesamtabstand der Zehen (33°). Die Zehenabdrücke sind schmal und der der Zehe III ist deutlich länger als die anderen und leicht sigmaförmig. Die Abdrücke der Zehe III und II sind spitzig. Der Schritt ist 46 cm lang.
Die Spuren können auf zweibeinige Dinosaurier, die wahrscheinlich Theropoden waren, (Dalla Vecchia & Mietto (1998) bezogen werden und haben eine Beckenhöhe von circa 70 cm.

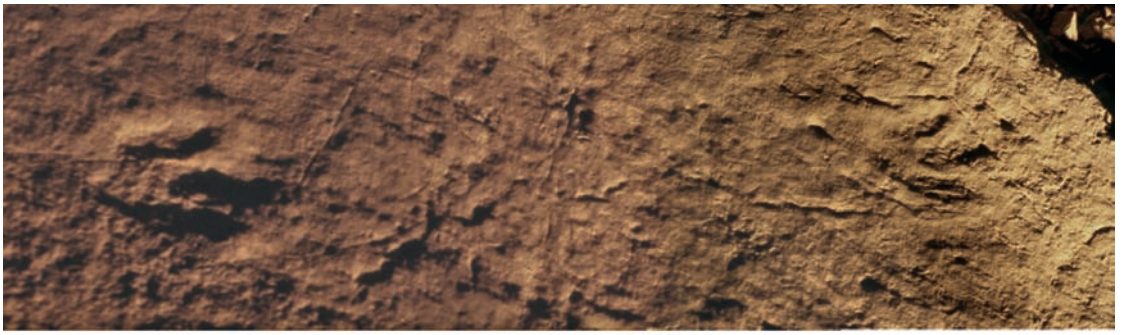
**Val Settimana (Cimolais)** - Fünf Felsblöcke mit Spuren wurden entlang des Torrente Settimana gefunden. Der erste Felsblock, der im Jahr 2000 in der Nähe der kleinen Brücke über den Rio Culasei (Höhe 620 m über dem Meeresspiegel) entlang der Straße lokalisiert wurde, die das Tal durchläuft, wies zwei tridactyle und mesaxonische Spuren auf, die nebeneinander lagen und die gleiche Ausrichtung hatten (Abb. **81**). Die besser Erhaltene (bei der anderen sieht man keine Zehenspuren, vor allem der dritten Zehe) ist circa 22 cm lang und besitzt einen Abdruck der Zehe III, der sich weiter als die anderen zwei Zehenspuren nach vorne projiziert und leicht gebogen ist. Offensichtlich bildet diese Spur die Morphologie des Hinterfußes

**81 >** Il primo masso della Val Settimana, con due orme tridattili, situato vicino al ponticello sul Rio Culasei (quota 620 m slm).

babilmente destra, è relativamente piccola, essendo lunga 15-16 cm (al limite tra le classi dimensionali di *Anchisauripus* e *Grallator*), ed è moderatamente allungata (L/W=1,36-1,45), con una bassa divaricazione totale (33°). Le impronte delle dita sono affusolate e quella del dito III è sensibilmente più lunga delle altre e leggermente sigmoide; le impronte delle dita III e II sono appuntite. Il passo è lungo 46 cm.
Le orme sono riferibili a un dinosauro bipede, probabilmente teropode (Dalla Vecchia & Mietto (1998), con un'altezza al bacino stimata in circa 70 cm.

**Val Settimana (Cimolais)** - Cinque massi con orme sono stati identificati lungo il Torrente Settimana.
Il primo masso, localizzato nel 2000 vicino al ponticello sul Rio Culasei (quota 620 m slm) lungo la strada che percorre la valle, presentava due orme tridattili e mesassoniche poste una vicina all'altra e con la stessa orientazione (Fig. **81**). La meglio conservata (dell'altra non si apprezzano le tracce delle dita, soprattutto del terzo dito) è lunga circa 22 cm e presenta un rapporto L/W pari a circa 1,42, con un'impronta del dito III che si proietta in avanti più delle tracce delle altre due dita ed è leggermente ricurva. È evidente che quest'orma - per motivi sedimentologici e tafonomici - non rappresenta fedelmente la morfologia della zampa posteriore dell'autore, ma è comunque riferibile ad un teropode, con un'altezza all'anca stimata intorno al metro. Le impronte sono state impresse su di un tappeto algale (stromatolite) testimoniato dalla laminazione fitta, ma irregolare, che costituisce i sette centimetri superiori dello spessore del masso, mentre i restanti 150 cm sono costituiti da dolomia massiva con bivalvi megalodontidi.
Un secondo masso a quota 650 m slm presenta una singola controimpronta, molto mal conservata, di un'orma tridattile lunga 25,7 cm (Fig. **82**). Le tracce delle dita sono sottili, quella del dito centrale è decisamente più lunga delle altre e leggermente sigmoide nella

**82 >** Il secondo masso della Val Settimana (650 m slm), con la controimpronta mal conservata di un'orma tridattile.



**83 >** Il terzo masso della Val Settimana (quota 745 m slm) con due orme tridattili disposte in pista. Sotto: calco delle due orme (la prima a sinistra, la seconda a destra).

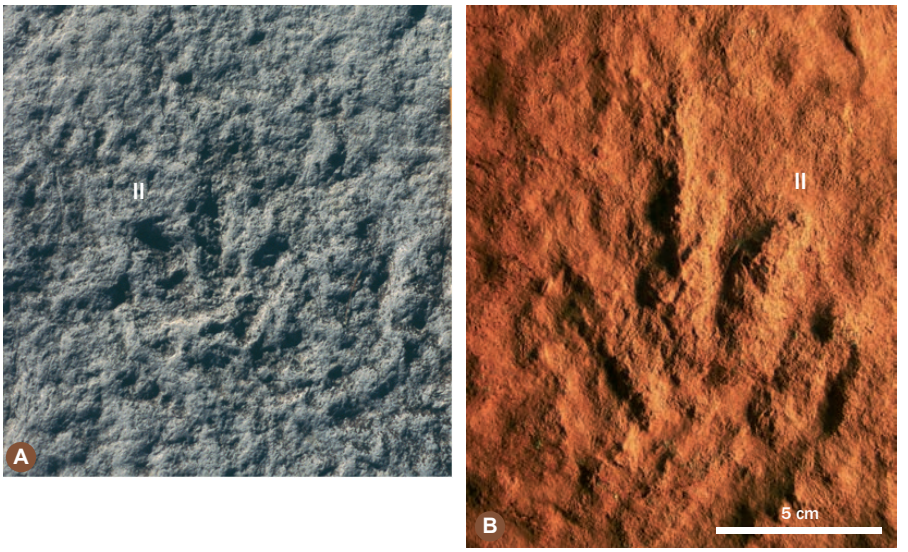
**84 >** Il quarto masso della Val Settimana (situato vicino al terzo masso). A destra: particolare dell'orma tridattile.

parte distale. La divaricazione totale è relativamnte elevata (58°). Se si confronta con gli icnogeneri triassici noti, appare riferibile ad *Eubrontes*, almeno dal punto di vista delle dimensioni. Considerandola impressa da un teropode, l'altezza all'anca del *trackmaker* sarebbe 123 cm.

Un terzo masso, a quota 745 m slm, è stato impiegato nella costruzione dell'argine del torrente Settimana. Sulla superficie esposta sono conservate due orme di una stessa pista, apparentemente lasciate entrambe dalla zampa posteriore destra (Fig. **83**). Sono tridattili, lunghe 21,5 cm, relativamente strette (il rapporto lunghezza/larghezza è 1,54) e la divaricazione totale è 41°; la falcata è 1 m e la velocità era piuttosto bassa (meno di 3 km/h).

Le impronte delle dita sono moderatamente slanciate, quella del dito centrale si estende sensibilmente più in avanti delle altre, è leggermente sigmoide e appuntita distalmente. L'impronta del dito IV termina posteriormente rispetto a quella del dito II. Le dimensioni dell'orma sono quelle dell'icnogenere *Anchisauripus*, ma l'allungamento relativo e gli altri parametri ricadono nel campo di *Eubrontes*. È stata plausibilmente impressa da un dinosauro teropode e in tal caso l'altezza all'anca può essere stimata in circa un metro.

Un quarto masso si trova a 40 metri dal terzo, anch'esso lungo la sponda destra del torrente. Conserva una sola orma tridattile, lunga 17,3 cm (Fig. **84**). La curvatura dell'impronta del dito di destra e la posizione della sua terminazione prossimale suggeriscono che si tratti della traccia di una zampa posteriore sinistra (il dito II è spesso ricurvo medialmente nelle orme tridattili). L'orma appare poco allungata (L/W è circa 1,25), ma il dito III è parecchio più lungo degli altri due. La divaricazione totale è moderatamente elevata (47°). L'orma si colloca nella zona inferiore della classe dimensionale di *Anchisauripus* e ha un dito III allungato come quello di *Grallator*, ma l'allungamento relativo è




**85 >** La debole orma sul quinto masso della Val Settimana (quota 750 m slm). A) Foto del reperto; B) foto del calco. Il numero romano indicano il dito II.

più basso e la divaricazione totale è più alta di quella presente in entrambi gli icnogeneri. Il *trackmaker* potrebbe essere stato un teropode con un'altezza all'anca stimata in circa 78 cm.

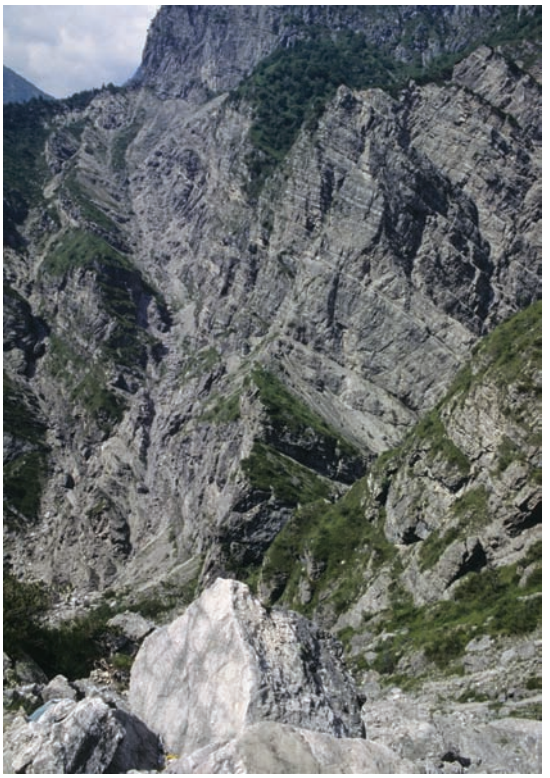
Un quinto masso, a quota 750 m slm, presenta una singola impronta tridattile di piccole dimensioni, lunga al massimo 9 cm (Fig. **85A**). L'impronta è estremamente bassa e di essa si distingue soprattutto la traccia del dito II piegato medialmente, mentre quelle delle dita III e IV sono più indistinte (Fig. **85**B). Quest'ultima termina posteriormente oltre la traccia del dito II, quindi si tratta di un'orma sinistra. La traccia del dito III si proietta in avanti come un lungo solco dritto. Se ciò riflette la reale estensione del dito III, questo era decisamente più lungo del II e IV (Fig. **85**B). Le dimensioni dell'orma e - in linea di massima - pure la morfologia sono quelle di *Grallator*; la divaricazione totale (47°) è tuttavia decisamente maggiore di quella canonica per questo icnogenere. L'autore era plausibilmente un piccolo dinosauro teropode la cui altezza all'anca non superava i 40 cm.

**Forcella delle Pregoiane (Claut)** - Nei pressi della Forcella c'è un masso di dolomia che sembra presentare una pista lunga un paio di metri, apparentemente formata da quattro impronte della zampa posteriore alternate a quattro della zampa anteriore (Fig. **86A**). Le presunte impronte della zampa posteriore sono molto grandi (la lunghezza è 32-40 cm), in linea di massima tridattili, con tracce delle dita corte e larghe e un ampio "tallone" (Fig. **86B**). Le presunte impronte della zampa anteriore sono lunghe solo 17-20 cm, subcircolari e poste piuttosto medialmente rispetto a quelle della zampa posteriore. La loro posizione, però, non è sempre consistente con l'interpretazione come sequenza ordinata di orme in una pista (si noti la posizione della "zampa anteriore" nell'ultima coppia in alto). Nel complesso ricorda vagamente le piste dei dinosauri iguanodontoidei quadrupedi, che però si trovano quasi esclusivamente in rocce cretacee, quindi di molto più recenti. Inoltre, il passo è insolitamente corto in confronto alla dimensione delle impronte delle zampe posteriori. Questo mi fa dubitare che si tratti real-

ihres Urhebers nicht getreu ab. Sie kann aber dennoch auf einen Theropoden bezogen werden, dessen Hüfthöhe auf circa einen Meter geschätzt wird. Die Abdrücke wurden auf einem Algenteppich (Stromatolith) übertragen. Dies wird von der dichten, aber unregelmäßigen Laminierung bezeugt, die die oberen sieben Zentimeter der Felsdicke ausmacht, während die verbleibenden

**86 >** Il masso di Forcella delle Pregoiane. A) foto e B) calco in gesso di una delle presunte orme.

150 cm aus massivem Dolomit mit Megalodon-Muschelschalen bestehen.
Ein zweiter Felsblock in einer Höhe von 650 m über dem Meeresspiegel weist einen einzigen, sehr schlecht erhaltenen Gegenabdruck einer tridactlyen Spur, die 25,7 cm lang ist auf (Abb. **82**). Die Zehenspuren sind dünn, der Abdruck der mittleren Zehe ist deutlich länger als die anderen und leicht sigmaförmig im distalen Bereich. Der Gesamtabstand der Zehen ist relativ hoch (58°). Beim Vergleich mit den bekannten Ichnogenera der Trias, scheint diese Spur, zumindest im Hinblick auf die Abmessungen, auf *Eubrontes* zurückführbar. Wenn man sie als von einem Theropoden betrachtet, würde die Hüfthöhe des *trackmakers* bei 123 cm liegen.
Ein dritter Felsblock in einer Höhe von 745 m über dem Meeresspiegel wurde beim Dammbau des Wildwassers verwendet. Auf der exponierten Oberfläche sind zwei Spuren einer gleichen Fährte erhalten, die offensichtlich beide vom rechten Hinterfuß hinterlassen wurden (Abb. **83**). Sie sind tridactyl, 21,5 cm lang, relativ schmal und mit einem Gesamtabstand der Zehen von 41°. Die Zehenabdrücke sind mäßig schlank, der Abdruck der mittleren Zehe ragt deutlich weiter nach vorne als die anderen, ist leicht sigmaförmig und am distalen Ende spitzig. Der Abdruck der Zehe IV endet im Vergleich zu dem der Zehe II weiter hinten. Die Abmessungen stimmen mit denen des Ichnogenus *Anchisauripus* überein. Allerdings fallen die entsprechende Verlängerung und die weiteren Parameter in das Feld von *Eubrontes*. Diese Spur wurde vermutlich von einem Theropoden hinterlassen und in diesem Fall kann die Hüfthöhe auf circa einen Meter geschätzt werden. Der Sprung beträgt einen Meter und die Geschwindigkeit war ziemlich gering (weniger als 3 km/h).
Ein vierter Felsen befindet sich in einer Entfernung von 40 Metern vom dritten Felsblock. Auch er liegt am rechten Ufer des Wildwassers. Dort ist nur eine tridactyle Spur erhalten, die 17,3 cm lang ist (Abb. **84**). Die Biegung des Zehenabdrucks rechts und die Position der proximalen Endung suggerieren, dass es sich um die Spur eines linken Hinterfußes handelt (die Zehe II ist oft bei tridactylen Spuren mittig gebogen). Die Spur erscheint nur wenig länglich. Allerdings ist die Zehe III ziemlich viel länger als die anderen beiden Zehen. Der Gesamtabstand der Zehen ist mäßig hoch (47°). Die Spur ordnet sich im unteren Bereich der Größenklasse von *Anchisauripus* an und hat eine längliche Zehe III, wie die des *Grallators*. Allerdings



**87 >** Il masso principale (centrale in basso) della località alto Rio Susaibes con sullo sfondo le pareti stratificate di Dolomia Principale.

**88 >** Il masso principale della località alto Rio Susaibes, aperto in due parti speculari. La superficie con le controimpronte è quella di sinistra.

mente di orme, o, almeno, che le presunte tracce della zampa anteriore non abbiano niente a che vedere con le altre e la loro associazione sia casuale. Dalla Vecchia & Mietto (1998) le avevano menzionate sottolineando che la loro identificazione come icnofossili era dubbia, dato che non le avevano potute esaminare direttamente. Ad oggi non sono state ancora studiate in dettaglio.

**Parte alta del Rio Susaibes (Monte Raut, Andreis)** - In questa località ci sono tre massi con orme che conservano le parti speculari di una stessa superficie di strato (Fig. **87**). Il masso più grande ha il suo speculare proprio di fronte (Fig. **88**): l'enorme blocco di roccia originario alla fine della caduta dal fianco del M. Raut si è aperto nel mezzo lungo la superficie di strato che contiene le tracce fossili. Un masso più piccolo, situato a pochi metri di distanza, presenta un'ulteriore porzione della stessa superficie (Fig. **92**).

Gli icnofossili più evidenti nel masso principale sono controimpronte; le impronte vere e proprie presenti nel masso di fronte sono poco visibili. Inoltre, senza la luce "giusta" non si vede nulla in entrambi i massi. A luce radente si distingue una pista formata da tre orme tridattili consecutive (la seconda è difficilmente riconoscibile; Fig. **89**). L'orma meglio conservata (Fig. **90**) è lunga 24 cm (ricade, dunque, nella parte superiore della classe dimen-

**89** > La superficie del masso principale della località alto Rio Susaibes. Le frecce bianche indicano le orme tridattili organizzate in pista, quella gialla l'orma pentadattile.

ist die relative Verlängerung niedriger und der Gesamtabstand der Zehen höher als bei beiden Ichnogenera. Der *trackmaker* könnte ein Theropode mit einer Hüfthöhe gewesen sein, die auf circa 78 cm geschätzt wird.
Ein fünfter Felsblock in einer Höhe von 750 m über dem Meeresspiegel weist einen einzigen tridactylen Abdruck kleiner Abmessungen auf, der höchstens 9 cm lang ist (Abb. **85A**). Der Abdruck ist extrem niedrig und man erkennt vor allem die Spur der Zehe II, die mittig gebogen ist, während die Spuren der Zehen III und IV weniger deutlich sind (Abb. **85**B). Letztere schließt hinter der Spur der Zehe II ab, so dass es sich um einen linken Abdruck handelt. Die Spur der Zehe III wird wie eine lange gerade Rille nach vorne projiziert. Wenn dies die tatsächliche Ausdehnung der Zehe III widerspiegelt, so war sie deutlich länger als die der Zehe II und IV (Abb. **85**B). Die Abmessungen und auch im Großen und Ganzen die Morphologie entsprechen *Grallator*; der Gesamtabstand der Zehen (47°) ist allerdings deutlich größer als dies für dieses Ichnogenus üblich war. Der Fährtenerzeuger war glaubwürdigerweise ein kleiner Theropoden, dessen Hüfthöhe 40 cm nicht überschritt.

**Forcella delle Pregoiane (Claut)** - Bei der sogenannten „Forcella" (Scharte) gibt es einen Dolomit-Felsblock, der eine Fährte von einigen Metern aufzuweisen scheint. Sie besteht anscheinend aus vier Abdrücken des Hinterfußes, die sich mit vier Abdrücken des Vorderfußes abwechseln (Abb. **86A**). Die mutmaßlichen Abdrücke des Hinterfußes sind sehr groß (die Länge beträgt 32 - 40 cm). Sie sind prinzipiell tridactyl, mit kurzen und breiten Zehenspuren und einer breiten „Ferse" (Abb. **86B**). Die mutmaßlichen Spuren des Vorderfußes sind nur 17-20 cm lang, fast kreisförmig und sind im Vergleich zu den Abdrücken des Hinterfußes ziemlich mittig angesetzt. Ihre Position stimmt allerdings nicht immer mit der Interpretation als geordnete Abfolge von Spuren einer Fährte überein (man beachte die Position des „Vorderfußes" im letzten Abdruckpaar oben). Insgesamt erinnert sie vage an die Fährten der vierbeinigen Iguanodontidae-Dinosaurier, die sich allerdings fast ausschließlich in Kreidefelsen befinden, die also wesentlich jünger sind. Außerdem ist der Schritt ungewöhnlich kurz im Vergleich zur Abmessung der Hinterfußabdrücke. Dies lässt mich daran zweifeln, dass es sich tatsächlich um Spuren handelt, oder zumindest könnten die Vorderfußspuren nichts mit den anderen zu tun haben und ihre Zuordnung könnte zufällig sein. Dalla Vecchia & Mietto (1998) haben dies bereits erwähnt und dabei unterstrichen, dass ihre Identifizierung als Ichnofossil zweifelhaft war, weil sie sie nicht direkt untersuchen konnten. Bis heute sind diese Spuren noch nicht im Detail erforscht worden.

**Oberer Teil des Rio Susaibes (Monte Raut, Andreis)** - An diesem Ort gibt es drei Felsblöcke mit Spuren, die die Spiegelflächen einer gleichen Schichtoberfläche konservieren (Abb. **87**). Der größere Fels hat sein Spiegelbild genau gegenüber (Abb. **88**): Der ursprüngliche enorme Felsblock hat sich nach dem Absturz vom M. Raut entlang der

sionale di *Anchisauripus*) e moderatamente allungata (il rapporto lunghezza/larghezza è 1,50). La traccia del dito III è marcatamente più lunga delle altre, sottile e leggermente sigmoide; la divaricazione totale è circa 55°. La pista è stata riferita ad un dinosauro teropode da Dalla Vecchia (2008) e l'altezza all'anca è stimata in 111 cm. La falcata è elevata (225 cm) e il rapporto falcata/altezza all'anca è 2,02 - quindi l'animale si spostava velocemente, ma non correva - e la velocità era piuttosto elevata (9,66 km/ora) per gli *standard* usuali dei dinosauri che si spostavano sulle piane di marea fangose.

Una singola orma, relativamente grande (lunga 22-23 cm), è apparentemente pentadattile, con tracce relativamente sottili delle dita ed un'ampia zona "palmare" o "plantare" (Fig. **91**). Secondo Dalla Vecchia & Mietto (1998) potrebbe essere riferita ad un grande terapside dicinodonte se fosse realmente a cinque dita e non il risultato della sovrapposizione di due orme; se, invece, fosse tetradattile (per esempio, non considerando la traccia del dito esterno a sinistra in Fig. **91** come tale) assomiglierebbe ad icnotaxa come *Pseudotetrasauropus, Otozoum* ed *Evazoum*, prodotti secondo alcuni paleoicnologi da dinosauri "prosauropodi", ma considerati da altri come variazioni extramorfologiche di *Brachychiroterium* (si veda Klein & Haubold, 2007) e quindi prodotte da arcosauri crurotarsi.

Nel masso più piccolo (Fig. **92**) è conservata un'orma tridattile lunga 24 cm che ha la stessa morfologia di quelle del masso principale e probabilmente appartengono tutte ad una stessa pista.

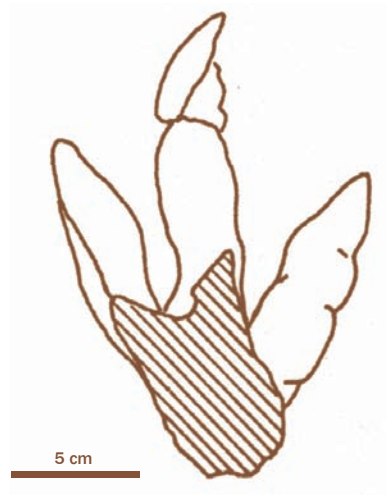
Due impronte tetradattili ben conservate, apparentemente impresse dalla stessa zampa, sono associate a depressioni più grandi, ma più deboli e dalla morfologia poco chiara, in un possible corto segmento di pista prodotto

Schichtoberfläche geöffnet, die die Fossilspuren enthält. Ein kleinerer Fels, der sich in einer Entfernung von wenigen Metern befindet, weist einen weiteren Teil der gleichen Oberfläche auf (Abb. **92**).

Die augenfälligsten Ichnofossilien im Hauptfelsblock sind Gegenabdrücke. Die eigentlichen Abdrücke, die sich im Felsblock gegenüber befinden, sind kaum sichtbar. Außerdem sieht man ohne das richtige Licht bei beiden Felsblöcken nichts. Bei Streiflicht unterscheidet man eine Fährte, die aus drei nacheinander folgenden tridactylen Spuren besteht (die zweite ist schwer erkennbar; Abb. **89**). Die besser konservierte Spur (Abb. **90**) ist 24 cm lang (fällt folglich in die obere Größenklasse des *Anchisauripus*) und ist leicht länglich. Die Spur der Zehe III ist deutlich länger als die anderen. Sie ist schmal und leicht sigmaförmig. Der Gesamtabstand der Zehen beträgt circa 55°. Die Fährte wurde von Dalla Vecchia (2008) einem Theropoden zugeordnet und die Hüfthöhe wird auf 111 cm geschätzt. Der Sprung ist weitläufig (225 cm) und das Verhältnis von Sprung/Hüfthöhe beträgt 2,02. Folglich bewegte sich das Tier schnell fort, rannte aber nicht und die Geschwindigkeit ist ziemlich hoch (9,66 km/h) für die üblichen *Standards* der Dinosaurier, die sich auf den schlammigen Wattflächen fortbewegten.

Eine relativ große Einzelspur (22-23 cm lang) ist scheinbar pentadactyl, mit relativ schmalen Zehenspuren und einer weitläufigen Hand- oder Fersenfläche (Abb. **91**). Laut Dalla Vecchia & Mietto (1998) könnte sie sich auf einen großen Terapsida-Dicynodontia beziehen, wenn sie tatsächlich fünf Zehen hätte und es sich nicht um die Überlagerung von zwei Spuren handelt. Wenn die Spur dagegen tetradactyl wäre (wenn man zum Beispiel die Spur der äußeren Zehe links in Abb. **91** nicht als solche in Betracht ziehen würde), würde sie den Ichnotaxa *Pseudotetrasauropus, Otozoum* und *Evazoum* ähnlich sehen, die laut einigen Paläoichnologen von „Prosauropoda"-Dinosauriern stammen, die von anderen als zusätzliche morphologische Abwandlung von *Brachychiroterium* betrachtet werden (siehe Klein & Haubold, 2007), die folglich von Crurotarsi-Archosauria geschaffen wurden.

Im kleineren Felsblock (Abb. **92**) ist eine 24 cm lange tridactlye Spur konserviert, die die gleiche




**90 >** L'orma meglio conservata della pista del masso principale nella località alto Rio Susaibes. Sotto: disegno interpretativo (da Dalla Vecchia & Mietto, 1998).

**91 >** L'orma penta- o tetradattile del masso principale della località alto Rio Susaibes. A destra: disegno interpretativo (da Dalla Vecchia & Mietto, 1998).

**92 >** Il masso più piccolo della località alto Rio Susaibes. L'orma tetradattile meglio conservata è al centro del masso, sulla destra del martello; l'orma tridattile è coperta dalla gomma siliconica rosa.

da un *trackmaker* quadrupede (Dalla Vecchia & Mietto, 1998). L'impronta tetradattile meglio conservata è lunga 13 cm e larga 12,5 cm, con segni di dita corte di simile lunghezza, anche se le due dita centrali si proiettano in avanti più delle altre (Fig. **93**). La divaricazione totale è 70°. L'ampia impronta del "palmo" è più debole di quelle delle dita.

Questa pista è stata attribuita da Dalla Vecchia & Mietto (1998), in via ipotetica, ad un arcosauro quadrupede. La piccola impronta tetradattile assomiglia a quelle della zampa anteriore di alcune piste chiroteroidi che, tuttavia, sono pentadattili quando interamente impresse e conservate.

**Val Scandoler (Cimolais)** - Un enorme masso di circa 10x20 m inglobato negli depositi morenici, nel 1997 affiorava lungo la valle a quota 1075 m slm e mostrava una superficie di strato che, quando era tenero fango carbonatico, era stata pesantemente calpestata dai tetrapodi (Fig. **94**). In seguito, il masso è andato completamente distrutto per il distacco dei singoli strati che lo componevano e che, come appariva già in occasione del primo studio, non erano più a contatto fra loro (si veda Fig. **95**).

Un lungo segmento di pista e parecchie altre impronte meno chiare potevano essere individuate su tale superficie. Tutte le descrizioni pubblicate di questo masso sono state basate su fotografie e sulle misure prese da uno speleologo che si è calato con la corda, dato che l'osservazione diretta non è stata possibile, perchè la superficie con le orme era perfettamente verticale (Fig. **95**). La pista consisteva di 15 orme consecutive lasciate da un *trackmaker* bipede perchè c'erano solo le impronte delle zampe posteriori (Fig. **96**). Le orme erano lunghe 18 cm, larghe 11,5 cm e non sembravano tridattili (alcune risultavano a forma di goccia). L'angolo del passo era relativamente basso (140°-160°, con media di 149°) e la falcata si aggirava intorno agli 80 cm. Le orme mostrano una rotazione esterna relativamente alta (11°-28°) dove l'angolo del passo era comparativamente basso e una più bassa (8°-9°) dove l'angolo era più alto.

Dalla Vecchia & Mietto (1998) hanno ipotizzato che sia stata prodotta da un sauropodomorfo basale ("prosauropode") di ridotte dimensioni e bipede (Fig. **97**). Purtroppo, non è più possibile condurre studi diretti e definitivi su questi reperti.

In conclusione, sebbene siano state studiate solo in via preliminare, le orme dalle Dolomi-

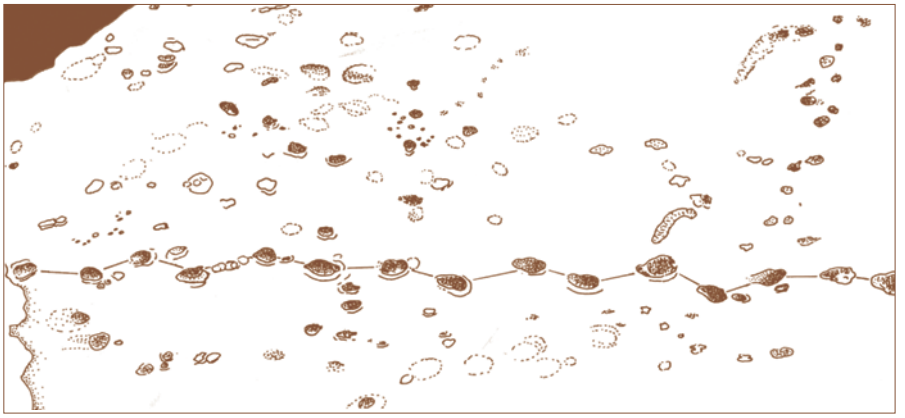
**93** > La meglio conservata delle due orme tetradattili del masso più piccolo nella località alto Rio Susaibes. Sotto a destra: il calco in gomma siliconica.

Morphologie wie die des Hauptfelsblocks besitzt und wahrscheinlich gehören alle einer gleichen Fährte an.
Zwei gut erhaltene tetradactyle Abdrücke, die vom gleichen Fuß hinterlassen wurden, sind mit größeren Vertiefungen assoziiert. Diese sind aber schwächer und haben eine wenig klare Morphologie in einem möglichen kurzen Fährtensegment, das von einem vierbeinigen *trackmaker* gebildet wurde (Dalla Vecchia & Mietto, 1998). Der besser erhaltene tetradactyle Abdruck ist 13 cm lang und 12,5 cm breit, weist Anzeichen für kurze Zehen einer ähnlichen Länge auf, auch wenn die zwei mittleren Zehen sich im Vergleich zu den anderen weiter nach vorne ausrichten (Abb. **93**). Der Gesamtabstand der Zehen beträgt 70°. Der weitläufige Fersen- oder Handabdruck ist schwächer als der Zehenabdruck. Diese Fährte wurde von Dalla Vecchia & Mietto (1998) hypothetisch einem vierbeinigen Archosauria zugeschrieben. Der kleine tetradactyle Abdruck ähnelt denen des Vorderfußes einiger *Chirotherium*-Fährten, die allerdings pentadactyl sind, wenn sie vollständig im Stein eingeprägt und konserviert sind.

**Val Scandoler (Cimolais)** - Ein enormer Felsblock von circa 10x20 m, der in den Moränenanhäufungen eingegliedert ist, die 1997 im Tal in einer Höhe von circa 1075 m über dem Meeresspiegel aufbrachen, zeigte eine Schichtoberfläche, die stark von Tetrapoden zerstampft wurde, als sie zarter Karbonatschlamm war (Abb. **94**). Danach wurde der Felsblock aufgrund des Abbrechens der einzelnen Schichten vollkommen zerstört, welche schon bei der ersten Untersuchung nicht mehr miteinander in Verbindung waren (siehe Abb. **95**). Ein langes Fährtensegment und zahlreiche andere weniger klare Spuren konnten auf dieser Oberfläche entdeckt werden. Alle von diesem Felsblock veröffentlichten Beschreibungen basieren auf Fotos und Maßen eines Höhlenforschers, der sich abgeseilt hatte, weil die direkte Beobachtung aufgrund der vertikalen Oberfläche nicht möglich war (Abb. **95**).

**94 >** Il grande masso della Val Scandoler nel 1997.

**95 >** La superficie verticale del masso della Val Scandoler durante i lavori di pulizia delle orme. Si noti come la stratificazione, visibile in alto a sinistra nella foto, fosse già beante.



**96 >** La pista del masso della Val Scandoler. Sopra, la foto; sotto, disegno interpretativo (da Dalla Vecchia & Mietto, 1998).
.

**97** > Sauropodomorfo primitivo (disegno di Lukas Panzarin).

Die Fährte bestand aus 15 nacheinander folgenden Spuren, die von einem zweibeinigen *trackmaker* hinterlassen wurden, weil es nur Abdrücke der Hinterfüße gibt (Abb. **96**). Die Spuren waren 18 cm lang, 11,5 cm breit und scheinen nicht tridactyl zu sein (einige hatten eine Tropfenform). Der Schrittwinkel war relativ niedrig (140-160°, mit einem Mittelwert von 149°) und der Sprung lag bei ungefähr 80 cm. Die Spuren zeigen eine ziemlich hohe Außenrotation (11-28°), wo der Schrittwinkel vergleichsweise niedrig war. Bei einem höheren Winkel, war die Außenrotation niedriger (8-9°). Dalla Vecchia & Mietto (1998) haben vermutet, dass diese Spur von einem kleinen und zweibeinigen „Prosauropoda“ stammt (Abb. **97**). Leider ist es nicht mehr möglich, direkte und endgültige Studien an diesen Fundstücken auszuführen.
Abschließend gilt zu bemerken, dass die Spuren der Friauler Dolomiten, auch wenn sie nur vorbereitend untersucht wurden, beweisen, dass Dinosaurier und nachfolgend andere Reptilien sich oft auf den schlammigen Wattflächen tümmelten, wo sich der Hauptdolomit ablagerte. Es gab unterschiedliche Tiere, aber vor allem zweibeinige Dinosaurier mittlerer-kleiner Abmessungen und wahrscheinlich Theropoden. Allerdings gab es auch größere Theropoden, mögliche primitive Sauropodamorpha und Crurotarsi-Archosauria.

Ausserhalb des Friauls: Belluneser und West-Dolomiten - Der Hauptdolomit hat auch in anderen Bereichen der Dolomiten Spuren hinterlassen. Sie reichen vom nahen Gebiet um Belluno bis zur Hochebene von Puez (Bozen) und zum M. Pasubio (Kleine Dolomiten, Vicenza).
Die ersten Fossilabdrücke wurden in den Belluneser Dolomiten von Vittorio Cazzetta zu Beginn der ’80-er Jahre des vergangenen Jahrhunderts entdeckt. Sie sind auf einem großen Felsblock (Abmessungen 8x6 Meter) erhalten, der von der vertikalen Südwand des **M. Pelmetto** in einer Höhe von 2050 m gefallen ist (Abb. **98**).

ti Friulane dimostrano che dinosauri e, secondariamente, altri “rettili” si avventuravano spesso sulle piane tidali fangose dove si depositava la Dolomia Principale. C’erano animali diversi, con prevalenza di dinosauri bipedi di dimensioni medio-piccole e probabilmente teropodi, ma anche più rari teropodi di maggiori dimensioni, possibili sauropodomorfi basali e arcosauri crurotarsi.

Al di fuori del Friuli: Dolomiti Bellunesi e occidentali - La Dolomia Principale ha fornito orme fossili anche in altre zone delle Dolomiti, a partire dal vicino Bellunese fino all’Altipiano del Puez (Bolzano/Bozen) e al M. Pasubio (Piccole Dolomiti, Vicenza).
Le prime impronte fossili furono scoperte nelle Dolomiti Bellunesi da Vittorio Cazzetta all’inizio degli anni ’80 del secolo scorso. Sono conservate su di un grosso masso (dimensioni 8x6 metri) caduto dalla parete meridionale verticale del **M. Pelmetto** a quota 2050 m (Fig. **98**). All’inizio erano state preliminarmente segnalate come orme permiane (Leonardi, 1984); in seguito sono state studiate in dettaglio da P. Mietto (1988; 1990; 1991). Il masso proviene dalla Dolomia Principale, ma da un livello posto stratigraficamente a soli 40 m dal passaggio alla sottostante Formazione di Travenanzes (l’ex Formazione di Raibl; Carnico superiore). Lo stato di conservazione delle orme non è buono (Fig. **99**). Tre piste di animali bipedi formate da orme tridattili sono state attribuite a piccoli dinosauri teropodi (le orme sono lunghe 6-7 cm e la falcata è 60-70 cm) e una singola pista bipede a un ornitischio primitivo di piccole dimensioni (la lunghezza delle orme è 10-12 cm; la falcata 50 cm circa). La pista dell’animale di maggiori dimensioni (il diametro del-

**98 >** Lo spigolo meridionale del M. Pelmetto (Belluno) con il masso franato (freccia).

**99 >** La superficie del masso del M. Pelmetto con le orme.

Anfangs waren sie zunächst als Spuren aus dem Perm angezeigt worden (Leonardi, 1984). Danach wurden sie detailliert von P. Mietto (1988; 1990; 1991) untersucht. Der Felsblock stammt vom Hauptdolomit, allerdings von einer Ebene, die stratigrafisch nur 40 m vom Übergang zur darunter liegenden Travenanzes Formation liegt (oberer Teil der Ex Formation von Raibl; Oberkarnium). Der Konservierungszustand der Spuren ist nicht gut (Abb. **99**). Drei Fährten von zweibeinigen Tieren aus tridactylen Spuren wurden kleinen Theropoden zugeordnet. (Die Spuren sind 6-7 cm lang und der Sprung beträgt 60-70 cm). Des Weiteren gibt es eine zweibeinige Einzelfährte, die einem primitiven Vogelbeckensaurier kleiner Abmessungen zugeordnet ist (Die Spurenlänge beträgt 10 - 12 cm; der Sprung circa 50 cm). Die Fährte des größeren Tiers (der Spurendurchmesser liegt bei circa 15 cm, der Sprung bei mindestens einem Meter) weist einige Abdrücke des Vorderfußes auf. Folglich bewegte sich das Tier nur zum Teil zweifüßig fort. Dieses Tier wurde als „Prosauropoda“-Dinosaurier identifiziert. Danach wurden in der darunter liegenden Erdrutsch-Akkumulation mindestens weitere zehn kleinere Blöcke mit Spuren gefunden (Mietto & Dalla Vecchia, 2000). Diese Ichnofossilien beziehen sich auf „fleischfressende Dinosaurier“. (Es handelt sich um trydactyle Spuren kleiner Abmessungen, sowie um eine Spur mittlerer Abmessungen), während Fährtensegmente von vierbeinigen Tieren von Mietto et al. (2012) „Prosauropoda“ und nicht dinosaurierartigen Archosauria zugeordnet wurden. Eine als Gegenabdruck erhaltene *Chirotherium*-Spur, die Mietto & Dalla Vecchia (2000) *Brachychirotherium* zugeschrieben haben, wurde auf der Rückseite des Hauptblocks entdeckt. In Richtung des oberen Teils einer Schlucht, die **Livinàl del Bus** genannt wird, und die entlang der Nordseite des ‘Sass del Duràm’ nach unten verläuft (Civetta-Moiazza-Gruppe, Belluno), gibt es verschiedene Felsblöcke, die Fossilspuren enthalten. Eine große von ihnen (6x5 Meter) weist zahlreiche schlecht erhaltene Spuren auf, die in Fährten organisiert sind (Abb. **100A**). Ein zweiter, kleinerer Felsblock enthält circa 20 Spuren, die mittelmäßig erhalten sind. Einige von ihnen sind in Fährten organisiert (Abb. **100B**).
Die zwei bedeutungsvollsten Funde sind trydactyl, 12,5 und 8 cm lang und wurden von Mietto et al. (2012) *Atreipus* bzw. ?*Grallator* zugeordnet.
Ein Felsblock mit zwei trydactylen Spuren wurde in den ’90-er Jahren des vergangenen Jahrhunderts

l’orma è circa 15 cm, la falcata è almeno un metro) presenta qualche impronta della zampa anteriore, quindi l’animale si spostava in modo semibipede; tale animale è stato identificato in un dinosauro “prosauropode” (= sauropodomorfo primitivo). Successivamente, nel sottostante accumulo di frana sono stati rinvenuti almeno altri dieci blocchi di dimensioni minori contenenti orme (Mietto & Dalla Vecchia, 2000). Questi icnofossili sono stati riferiti a “dinosauri carnivori” (si tratta di orme tridattili di piccole dimensioni e una di medie dimensioni), mentre segmenti di piste prodotti da animali quadrupedi sono stati attribuiti a “prosauropodi” e arcosauri-non dinosauriani da Mietto et al. (2012). Un’orma chiroteroide conservata come controimpronta e riferita all’icnogenere *Brachychirotherium* da Mietto & Dalla Vecchia (2000) è stata scoperta sul retro del blocco principale.
Verso la parte alta di un canalone chiamato **Livinàl del Bus**, che scende lungo il fianco settentrionale del Sass del Duràm (Gruppo del Civetta-Moiazza, Belluno), vi sono vari massi che contengono orme fossili. Uno di questi, di grandi dimensioni (6x5 metri), presenta numerose orme mal conservate organizzate in piste e di difficile attribuzione (Fig. **100A**). Un secondo masso, più piccolo, contiene circa 20 orme in mediocre stato di conservazione, alcune delle quali organizzate in piste (Fig. **100B**). I due reperti più significativi sono tridattili, lunghi 12,5 e 8 cm e sono stati attribuiti, rispettivamente, agli icnogeneri *Atreipus* e ?*Grallator* da Mietto et al. (2012).
Un blocco con due orme tridattili era stato segnalato negli anni ’90 del secolo scorso al **M. Civetta** (Belluno) da Marco Fantin, al tempo studente di Geologia presso il Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica

**100 >** Livinàl del Bus (Belluno). A) il masso grande, B) il masso piccolo.

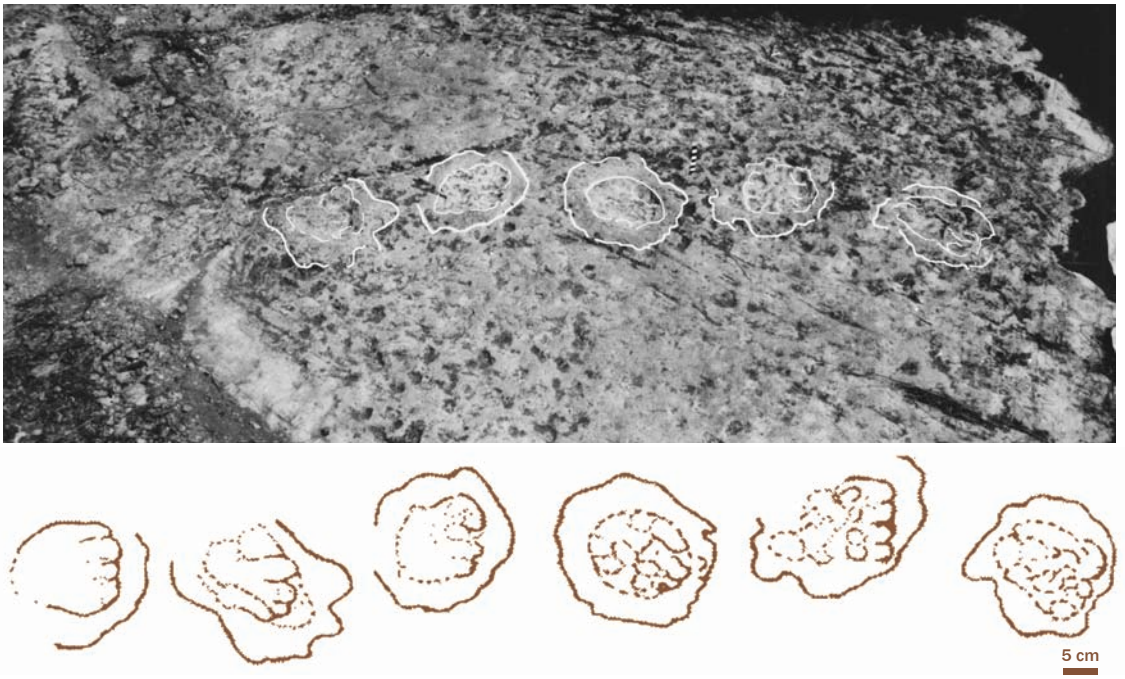
**101 >** Le due orme tridattili visibili lungo il sentiero che dal Rifugio Auronzo porta al Rifugio Lavaredo alla base delle Tre Cime di Lavaredo (Belluno).

dell'Università di Padova (Dalla Vecchia, 1995), ma il blocco non è più stato ritrovato.
Lungo il sentiero che porta dal Rifugio Auronzo al Rifugio Lavaredo alla base delle **Tre Cime di Lavaredo** (Belluno) c'è un grosso masso con due orme tridattili organizzate in pista e lunghe circa 25 cm (Fig. **101**), che sono state riferite da Mietto (1991) all'icnogenere *Eubrontes* e attribuite a un teropode di dimensioni medio-grandi. Sulla base del calco della superficie effettuato nel 2006 ed esposto al Museo "Palazzo Corte Metto" di Auronzo, sono state individuate altre due orme tridattili, molto più deboli e visibili solo a luce radente, lunghe circa 15 cm e riferite all'icnogenere *Grallator* da Mietto et al. (2012).
Nella **Val Pegolèra** (Monti del Sole, Belluno), Mietto et al. (2012) segnalano la presenza di un enorme masso che conserva una ventina di impronte disposte in tre piste. Dato che il masso, cadendo dalla sovrastante parete rocciosa, si è aperto lungo la superficie con le orme, è possibile osservare sia le orme vere e proprie, sia il loro riempimento (quindi le controimpronte, come nel masso del sito dell'alto Rio Susaibes). Sono state identificate due morfologie diverse, una riferita ad un autore "coccodrilliano" quadrupede (probabilmente un arcosauro crurotarso; Mietto et al., 2012, suggeriscono un etosauro come probabile *trackmaker*) ed una attribuita ad un dinosauro "prosauropode" quadrupede. Non è del tutto sicuro che questo masso appartenga realmente alla Dolomia Principale.
Nel macereto di frana sul fianco meridionale del M. Pelmo (Belluno), chiamato **Ruina del Giau,** è stata riportata da Mietto et al. (2012) la presenza di un grande masso con una superficie "bioturbata" da tetrapodi indeterminati.
Quasi sulla cima del **M. Pelmo** (Belluno), speleologi hanno scoperto nel 2011 impronte tridattili, probabilmente prodotte da dinosauri, che non sono state ancora oggetto di studio. Potrebbero anche essere conservate nei Calcari Grigi ed essere, dunque, giurassiche.
Orme sono state rinvenute - come controimpronte sulla superficie inferiore di uno strato - pure lungo la strada delle Gallerie sul **Massiccio del M. Pasubio** (Vicenza). Quelle tridattili di grandi dimensioni (30-40 cm di lunghezza) sono state riferite ad *Eubrontes*, mentre quelle più piccole (lunghezza 18-22 cm) a cf. *Grallator* ed entrambe attribuite a dinosauri teropodi (Belvedere et al., 2008). Alcune orme tetradattili lunghe circa 30 cm sono state considerate molto simili a quelle denominate *Pseudotetrasauropus* ed *Evazoum,* e riferite a sauropodomorfi basali da Belvedere et al. (2008).
Sull'Altipiano del Puez, nelle Dolomiti occidentali in provincia di Bolzano, è stata rinvenuta una orma tridattile isolata che è stata attribuita ad un dinosauro bipede (Leonardi & Avanzini, 1994; Leonardi, 2000).

beim **M. Civetta** (Belluno) von Marco Fantin angezeigt, der damals Geologiestudent der Universität Padua war (Dalla Vecchia, 1995). Allerdings wurde der Block nicht mehr wiedergefunden. Entlang des Wegs, der von der Schutzhütte „Rifugio Auronzo“ zum „Rifugio Lavaredo“ am Fuß der **Drei Zinnen** (Belluno) führt, gibt es einen großen Felsblock mit zwei trydactlyen Spuren, die in ~25 cm langen Fährten (Abb. **101**) organisiert sind, die von Mietto (1991) auf *Eubrontes* zurückgeführt wurden und einem Theropoden mittlerer bis großer Abmessungen zugeschrieben wurden. Mithilfe des im Jahr 2006 ausgeführten Abdrucks der Oberfläche, der im Museum „Palazzo Corte Metto“ von Auronzo ausgestellt ist, wurden weitere zwei trydactyle, sehr viel schwächere Spuren gefunden, die circa 15 cm lang sind und von Mietto et al. (2012) auf *Grallator* bezogen werden.
Im **Val Pegolèra** (Monti del Sole, Belluno), weisen Mietto et al. (2012) auf die Präsenz eines enormen Felsblocks hin, der etwa zwanzig Abdrücke enthält, die in drei Fährten aufgeteilt sind. Nachdem sich der Felsblock durch den Fall von der darüber liegenden Felswand entlang der gesamten Oberfläche mit den Spuren geöffnet hat, kann man sowohl die eigentlichen Spuren, als auch ihre Auffüllung (d. h. die Gegenabdrücke) beobachten. Es wurden zwei unterschiedliche Morphologien identifiziert: Eine bezieht sich auf einen „Krokodilartigen“ vierbeinigen Fährtenerzeuger (vermutlich einen Crurotarsi-Archosauria; Mietto et al., 2012 suggerieren einen Aetosauria als wahrscheinlichen *trackmaker*). Die andere wird einem vierbeinigen „Prosauropoda“-Dinosaurier zugeschrieben. Es ist nicht vollkommen sicher, ob dieser Felsblock tatsächlich zum Hauptdolomit gehört.
Im Erdrutschgeröllfeld auf der Südseite des M. Pelmo (Belluno), der sogenannten **„Ruina del Giau“,** wurde von Mietto et al. (2012) das Vorhandensein eines großen Felsblocks mit einer von unbestimmten Tetrapoden „gestörten“ Oberfläche gemeldet.
Fast auf dem **Gipfel des M. Pelmo** (Belluno) haben Höhlenforscher 2011 tridactyle Abdrücke gefunden, die wahrscheinlich von Dinosauriern hinterlassen wurden, die noch nicht untersucht wurden. Sie könnten auch im Grauen Kalkstein konserviert sein und folglich aus dem Jura stammen.
Spuren wurden auch in Form von Gegenabdrücken auf der unteren Oberfläche einer Schicht entlang der Tunnelstraße auf dem **Gebirgsmassiv des Monte Pasubio** (Vicenza) gefunden. Die tridactylen großer Abmessungen (30-40 cm Länge) wurden *Eubrontes* zugeschrieben, während die kleineren (Länge 18-22 cm) *Grallator* entsprechen und beide werden Theropoden-Dinosauriern (Belvedere et al., 2008) zugeordnet. Einige circa 30 cm lange tetradactyle Spuren hat man als denen von *Pseudotetrnsauropus* und *Evazoum* ähnlich betrachtet und sie wurden von Belvedere et al. (2008) primitiven Sauropodamorpha zugeteilt.
Auf der Hochebene von Puez in den Westdolomiten in der Provinz Bozen wurde eine trydactyle isolierte Spur gefunden, die einem zweibeinigen Dinosaurier zugeordnet wurde (Leonardi & Avanzini, 1994; Leonardi, 2000).

Ausserhalb des Friauls: Julische Alpen (Westslowenien) - Eine Fährte, die von einem ziemlich großen Tetrapoden stammt, ist entlang des Pfades durch die Wälder in der Nähe von Godović (Idria), circa 50 km östlich der italienischen Grenze, auf der Oberfläche einer Dolomitschicht des Hauptdolomits aus dem Norium erkennbar (Krivić Veselić, 1993). Der Ort ist unter dem volkstümlichen Namen „Bärenhügel“ (*Medvedje Brdo*) bekannt, vielleicht weil die Spuren schon lange von der Bevölkerung entdeckt worden waren und ihre Form mit der der Abdrücke des einzigen heimischen Tieres in Verbindung gebracht wurden, das Füße einer ähnlichen Größe und Form hatte: dem Bären.
Es handelt sich um ein Fährtensegment, das aus sechs nacheinander folgenden Spuren des Hinterfußes besteht, die folglich scheinbar von einem bipeden Tier hinterlassen wurden (Abb. **102**). Sie sind ungefähr rund, mit einem Durchmesser von 15-17 cm und von einem niedrigen Ausstoßrand umgeben, der erkennbar wird, wenn er von Streiflicht beleuchtet wird. Die Morphologie des Fußes ist keineswegs klar: Die Vertiefungen der Zehen sind nicht gut erkennbar, sie sind allerdings ziemlich kurz und sicher handelt es sich nicht um tridactyle Spuren (Abb. **102**). Der Schritt und folglich auch der Sprung sind ziemlich kurz (30-33 cm bzw. 61,5-64 cm) für ein zweibeiniges Tier mit einem Hinterfuß dieser Abmessungen. (Die geschätzte Hüfthöhe beträgt 60-68 cm) und der Schrittwinkel ist mäßig hoch (157°-162°). Es handelt sich um eine ziemlich rätselhafte Spur. Dalla Vecchia (1997) hatte sie versuchsweise auf einen kleinen „Prosauropoda“ oder einen „fortschrittlichen Thecodontia“ bezogen und unterstrich dabei allerdings, dass es keinerlei diagnostische Merkmale gibt, auf der diese Zuordnung beruht.

Al di fuori del Friuli: Alpi Giulie (Slovenia occidentale) - Una pista impressa da un tetrapode relativamente grande è visibile sulla superficie di uno strato di dolomia norica, corrispondente alla Dolomia Principale, lungo un sentiero che attraversa i boschi non molto lontano da Godović (Idria), circa 50 km ad est del confine italiano (Krivić Veselić, 1993). La località è nota col nome popolare di "Colle dell'Orso" (*Medvedje Brdo*) forse perchè le orme erano state da tempo notate dalla gente del posto e la loro forma era stata abbinata a quella delle tracce dell'unico animale locale con zampe di dimensioni e forma simili: l'orso.
Si tratta di un segmento di pista composto da sei orme consecutive della zampa posteriore, quindi apparentemente impresse da un animale bipede (Fig. **102**). Sono grossomodo circolari, con un diametro di 15-17 cm e circondate da un basso bordo d'espulsione che diventa evidente quando colpito da luce obliqua. La morfologia della zampa non è per niente chiara: le impressioni delle dita non sono ben distinguibili, ma di certo sono piuttosto corte e sicuramente non si tratta di orme tridattili (Fig. **102**). Il passo e, conseguentemente, anche la falcata sono piuttosto corti (rispettivamente 30-33 cm e 61,5-64 cm) per un animale bipede con una zampa posteriore di quelle dimensioni (l'altezza all'anca stimata è 60-68 cm) e l'angolo del passo è moderatamente alto (157°-162°). Si tratta di una pista piuttosto enigmatica: è possibile che sia stata prodotta da un animale quadrupede, ma con le orme delle zampe anteriori troppo debolmente impresse. Dalla Vecchia (1997) le aveva tentativamente riferite ad un piccolo "prosauropode" o ad un "tecodonte avanzato", sottolineando, però, che non c'è alcun carattere diagnostico su cui basare tale attribuzione.




**102 >** La superficie con orme di Godović (Slovenia). Sotto: disegno interpretativo.

## Cretaceo inferiore
## Hauteriviano superiore-Barremiano
## (~130-125 milioni di anni fa)

*Inquadramento geologico-stratigrafico*

Le rocce cretacee del Friuli sono principalmente calcari derivati da sedimenti deposti in acque poco profonde sulla piattaforma carbonatica. Si tratta dei Calcari del Cellina del Cretaceo inferiore - che rappresentano soprattutto ambienti di piana di marea - e dei Calcari del M. Cavallo del Cretaceo superiore che si sono depositati , invece, in acque più mosse. Queste unità affiorano lungo la parte meridionale delle Prealpi Carniche e nei Monti della Bernadia (Prealpi Giulie). Nelle Prealpi Carniche settentrionali e nelle Prealpi Giulie si trovano, invece, rocce carbonatiche formate nel pendio e nei bacini marini profondi (rispettivamente Bacino Bellunese e Bacino Sloveno o Giulio), come il Calcare di Soccher e la Scaglia Rossa. A partire da circa 70 milioni di anni fa, nel Bacino Giulio iniziarono ad accumularsi le alternanze di marne ed arenarie note con il nome di *flysch*, che testimoniano l'inizio del sollevamento di quella parte della Catena Alpina.

*Paleogeografia*

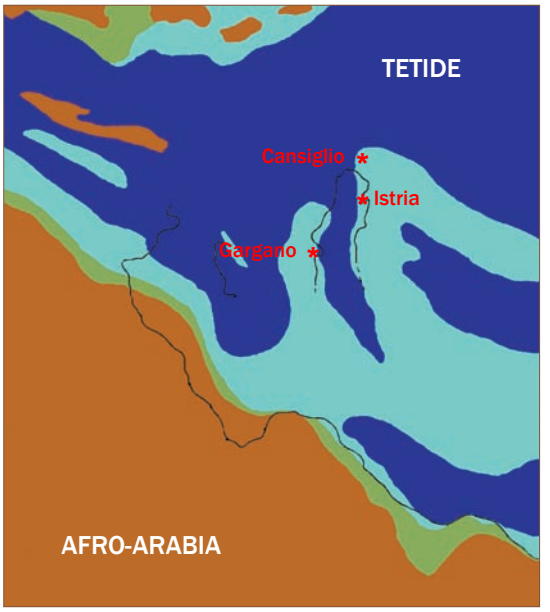
Durante il Cretaceo il supercontinente Gondwana si smembrò: l'India si staccò dall'Africa ed andò alla deriva verso nord, si separarono dal resto anche Antartide ed Australia che rimasero connesse fra loro fino all'inizio del Cenozoico ma, soprattutto, si aprì l'Atlantico meridionale dividendo l'America Meridionale dall'Afro-Arabia. Quest'ultima si spostò verso settentrione, ruotando allo stesso tempo in senso antiorario, avvicinandosi al margine meridionale dell'Eurasia con la quale entrò, infine, in collisione causando l'innalzamento delle catene Alpine.

La zona che costituisce l'odierno Friuli si trovava all'estremità settentrionale di una regione di mare basso, un banco marino in parte emerso che si estendeva sino alla Grecia e in certi momenti sino alla Turchia, la porzione più a nord del quale è chiamata Piattaforma carbonatica Adriatico-Dinarica o semplicemente Piattaforma carbonatica Adriatica. All'inizio del Cretaceo questa piattaforma carbonatica era probabilmente in connessione con il continente Afroarabico (ne costituiva una sorta di promontorio; Fig. **103**), ma successivamente (forse già 115 milioni di anni fa) ne fu separata dall'apertura di un bacino oceanico e si trovò isolata nel mezzo della Tetide.

La spinta dell'Africa ha avvicinato questa piattaforma al margine meridionale europeo durante il Cretaceo superiore, incorporandola all'Europa durante il Cenozoico. Oggi costituisce la parte orientale del Mare Adriatico e le terre che ad essa si affacciano.

Il masso della cava di Sarone (pendici meridionali dell'Altipiano del Cansiglio) - La scoperta di orme di dinosauro nel Cretaceo del Friuli occidentale è avvenuto in un modo piuttosto insolito. Una grande orma tridattile era stata identificata da Sandro Venturini nell'estate 1994 su di uno degli innumerevoli blocchi di calcare che costituiscono il molo di Porto Corsini (Ravenna) lungo la costa del Mar Adriatico (Fig. **104**). In un pomeriggio domenicale estivo, Venturini stava passeggiando con la famiglia lungo i moli di Marina di Ravenna-Porto Corsini, osservando attentamente - per una sorta di deformazione professionale - i grossi blocchi che spesso conservano fossili e interessanti strutture sedimentarie. Durante i fine settima-

**103 >** Il Monte Cavallo e, sulla sinistra, l'Altipiano del Cansiglio (sopra). Sotto: ricostruzione paleogeografica della Tetide tra Afro-Arabia ed Eurasia all'inizio del Cretaceo, con la posizione degli odierni Altipiano del Cansiglio, Penisola Istriana e Promontorio del Gargano (Puglia).




na questi moli diventano la "spiaggia" di Ravenna e la gente da anni usa stendersi sui massi per prendere il sole. La superficie con l'orma era esposta probabilmente da decenni, ma solo l'occhio allenato di Venturini - che al tempo era un membro del gruppo di studio delle orme di dinosauro dell'Istria al Museo Paleontologico di Monfalcone (Gorizia) - era stato in grado di afferrarne il significato.

Lo studio geologico dei blocchi e una paziente indagine hanno permesso l'identificazione della probabile cava di provenienza. Il blocco, la superficie esposta del quale misura 2,5 x 1,5 m, era uno dei tanti utilizzati durante gli anni sessanta del secolo scorso per costruire i moli che proteggono l'entrata del porto. Dopo la scoperta e lo studio dell'impronta (Dalla Vecchia & Venturini, 1995), che costituiva al tempo la prima testimonianza di un'orma di dinosauro del Cretaceo in Italia, il masso è stato rimosso e portato al Museo di Scienze Naturali di Faenza (Ravenna) dove è esposto al pubblico. Là, in condizione particolarmente buone di illuminazione, è stata identificata da chi scrive, soprattutto grazie alla luce radente, una seconda orma vicina a quella tridattile ma con una morfologia totalmente diversa, che appartiene evidentemente ad un secondo e differente dinosauro (Fig. **104**).

La datazione del masso è basata sulla presenza del foraminifero bentonico *Campanellula capuensis* (De Castro 1964), che ha una distribuzione stratigrafica Hauteriviano superiore - Barremiano inferiore. La cava di provenienza è situata alla base del fianco meri-

**Unterkreide. Oberes Hauterivium-Barremium (vor ~130-125 Millionen Jahre)**

***Geologisch-stratigrafische Einordnung***

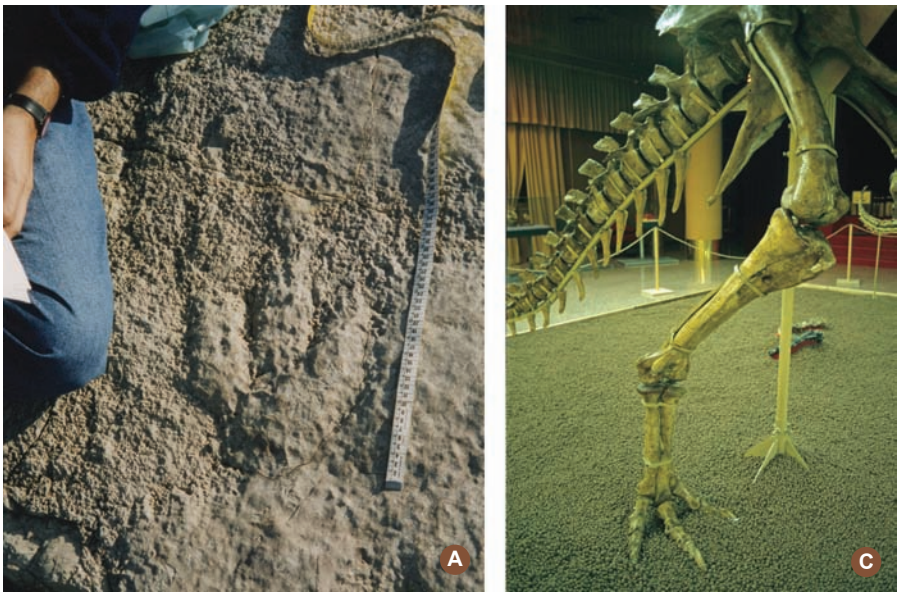
Die Kreidefelsen des Friauls sind vor allem Kalksteine, die von Lockersedimenten stammen, die in ziemlich seichten Gewässern auf der Karbonatplattform abgelagert wurden. Es handelt sich um die Kalksteine des Cellina aus der Unterkreide, die vor allem Wattflächenbereiche darstellen, sowie die Kalksteine des Monte Cavallo aus der Oberkreide, die sich dagegen in viel aktiveren Gewässern abgelagert hatten. Diese Einheiten sind entlang des Südrandes der Karnischen Voralpen und in den „Monti della Bernadia“ (Julische Voralpen) zu Tage gekommen. In den nördlichen Karnischen Voralpen und in den Julischen Voralpen befinden sich dagegen Karbonatgesteine, die sich an der Böschung und in den tiefen Meeresbecken gebildet haben (Belluneser Becken, sowie Slowenisches oder Julisches Becken), wie der Kalkstein von Soccher und „Scaglia Rossa“ („Roter Splitt“). Vor circa 70 Millionen Jahren begann im Julischen Becken die abwechselnde Ablagerung von Mergel und Sandsteinen, die unter dem Namen *Flysch* bekannt sind. Sie bezeugen die beginnende Anhebung jenes Teils der Alpenkette.

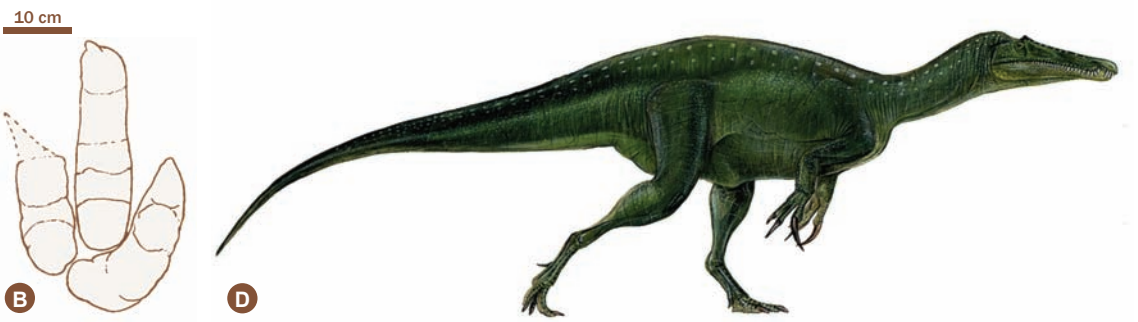
***Paläogeographie***

Während der Kreidezeit zerteilte sich der Superkontinent Gondwana: Unter anderem öffnete sich der Südatlantik und trennte Südamerika von Afro-Arabien, das in Richtung Norden wanderte, sich drehte und an den Südrand Euroasiens annäherte, wonach Afro-Arabien und Eurasien schließlich kollidierten, so dass die Alpenkette aufgeworfen wurde. Das Gebiet des heutigen Friauls befand sich am nördlichen Ende einer Region mit einem seichten Meer, dessen nördlichster Abschnitt „Adria-Dinaric-Karbonatplattform“ oder einfach „Adria-Karbonatplattform“ genannt wurde. Zu Beginn der Kreidezeit war Diese wahrscheinlich mit dem afro-arabischen Kontinent verbunden (und formte somit eine Art Vorgebirge; Abb. **103**). Allerdings wurde diese Karbonatplattform (vielleicht schon vor 115 Millionen Jahren) durch die Öffnung eines Ozeanbeckens getrennt und befand sich inmitten der Tethys isoliert.

Der Gesteinsblock des Steinbruchs von Sarone (Südhang der Hochebene von Cansiglio) - Die Entdeckung von Dinosaurierspuren in der Kreidezeit des Westfriauls erfolgte auf ungewöhnliche Art und Weise. Eine große tridactyle Spur war von Sandro Venturini im Sommer 1994 auf einem der zahlreichen Kalkblöcke gefunden worden, die den Kai von ‘Porto Corsini’ (Ravenna) entlang der Adriaküste bilden (Abb. **104**): An einem Sommersonntagsnachmittag spazierte Venturini am Kai entlang und beobachtete die großen Blöcke aufmerksam, die oft Fossilien und interessante Sedimentstrukturen enthalten. Die Oberfläche mit der Spur, einem Gegenabdruck, war wahrscheinlich seit Jahrzehnten sichtbar. Allerdings war es nur dem geschulten Auge Venturinis gelungen, der

**104 >** Il masso proveniente dalla cava di Sarone. Sopra: il masso sul molo di Porto Corsini nell’autunno 1994. A destra: la superficie con le due orme, quella tridattile di teropode è quasi al centro, mentre quella di sauropode è in alto a destra.




**105 >** L'orma di teropode (A), il suo disegno (B, da Dalla Vecchia & Venturini, 1994), lo scheletro di un arto posteriore di un dinosauro simile a quello che ha impresso l'orma (C) e la ricostruzione di *Baryonyx*, un caratteristico grande dinosauro teropode del Barremiano europeo (D; disegno di Lukas Panzarin).

dionale dell'altipiano del Cansiglio nel territorio comunale di Sarone (Dalla Vecchia & Venturini, 1995) e sfrutta calcari di piattaforma carbonatica interna (Calcari del Cellina, Giurassico superiore-Albiano). Entrambe le orme sono controimpronte, vale a dire il riempimento delle orme vere e proprie.

L'orma tridattile è mesassonica, con tracce delle dita relativamente strette, soprattutto quella centrale (dito III) che è marcatamente più lunga delle altre e termina con il segno di un piccolo artiglio (Fig. **105A-B**). È lunga 36 cm, moderatamente allungata (il rapporto lunghezza/larghezza è 1,49) e con una divaricazione totale bassa (28°). Si riconoscono anche le impronte dei "polpastrelli", sebbene siano poco marcate. La traccia del dito IV termina posteriormente rispetto a quella del dito II e la terminazione prossimale di quest'ultima è appena posteriore a quella della traccia del dito III. L'impronta era stata probabilmente prodotta da un grande dinosauro teropode (Fig. **105C-D**) con un'altezza all'anca stimata in circa 180 cm.

La seconda orma, descritta da Dalla Vecchia (1999), è poco profonda (non più di 2-2,5 cm), è ampia 31 cm e lunga 30,5, di forma semicircolare a doppia mezzaluna, con un'ampia incisione diretta in avanti a metà del margine posteriore e una più piccola

situata sia lateralmente e medialmente (Figg. **104** e **106A**). È circondata da una depressione che, nell'impronta, corrispondeva al margine d'espulsione del sedimento. Si tratta chiaramente della traccia della zampa anteriore di un dinosauro sauropode ed è stata identificata, sulla base della sua morfologia, come la controimpronta dell'impressione non deformata della zampa anteriore destra (Fig. **106B**). Le tracce delle dita si distinguono con difficoltà: le dita II e IV erano corte e arrotondate, mentre la debole traccia del dito I sembra triangolare e corta, ma potrebbe anche essere stretta e allungata, a seconda di come si interpretano le ambigue strutture conservate (Fig. **106A**). Il fatto che non sia associata ad una impronta della zampa posteriore, come ci si aspetterebbe nella pista di un animale quadrupede, non è particolarmente strano perchè sono note piste di sauropodi formate dalle sole impronte della zampa anteriore (si veda, per esempio, LOCKLEY et al., 1994).

Somiglianze sono riscontrabili con le impronte della zampa anteriore nell'icnospecie *Brontopodus birdi* FARLOW et al. 1989 del Cretaceo Inferiore (Aptiano-Albiano) degli USA, ma l'orma friulana si distingue da questo icnotaxon per la forma della traccia del dito I, che in *Brontopodus* è arrotondato (Fig. **106B**). Una corta traccia triangolare potrebbe essere stata prodotta dal dito I di una zampa anteriore di un sauropode brachiosauride, dato che quei sauropodi presentavano ancora una falange ungueale nel dito I, diversamente dai titanosauriformi più derivati. Una traccia sottile e lunga potrebbe essere stata originata, invece, dalle ben sviluppate falangi ungueali dei sauropodi più basali come, per esempio, *Camarasaurus* e i Diplodocoidea.

damals ein Mitglied der Studiengruppe der Dinosaurierspuren Istriens beim Paläontologiemuseum von Monfalcone (Gorizia) war, die Bedeutung dieser Spur zu begreifen. Die geologische Untersuchung der Blöcke und geduldige Nachforschungen haben den wahrscheinlichen Herkunftssteinbruch ergeben. Der Block, dessen sichtbare Oberfläche 2,5 x 1,5 m betrug, war einer der Vielen, die für den Bau des Kais verwendet wurden, der den Hafeneingang beschützt. Nach der Entdeckung und Untersuchung des Abdrucks (DALLA VECCHIA & VENTURINI, 1995), der damals das erste Zeugnis für eine Dinosaurierspur der Kreidezeit in Italien war, wurde der Felsblock entfernt und ins Naturwissenschaftliche Museum von Faenza (Ravenna) gebracht, wo er für die Öffentlichkeit ausgestellt ist. Dort habe ich unter besonders guten Lichtverhältnissen eine zweite Spur in der Nähe der tridactylen gefunden. Sie hatte allerdings eine vollkommen andere Morphologie, die offensichtlich zu einem zweiten und anderen Dinosaurier gehört (Abb. **104**). Beide Spuren sind Gegenabdrücke. Die Datierung des Felsblocks basiert auf der Präsenz der benthischen Foraminifere *Campanellula capuensis*, die eine stratigraphische Verbreitung im Oberen Hauterivium-Unteren Barremium hatten. Der Herkunftssteinbruch befand sich unten an der Südflanke der Hochebene des Cansiglio im Gemeindegebiet von Sarone (DALLA VECCHIA & VENTURINI, 1995) und dort baute man Kalksteine der inneren Karbonatplattform (Kalksteine des Cellina, Oberjura-Albium) ab.

Die tridactyle Spur ist mesaxonisch, mit relativ schmalen Zehenspuren. Dies gilt insbesondere für die mittlere (Zehe III), die auffällig länger ist als die anderen beiden und mit dem Abdruck einer kleinen Kralle endet (Abb. **105A-B**). Sie ist 36 cm lang, mäßig länglich und weist einen geringen Gesamtabstand der Zehen (28°) auf. Man erkennt auch die Abdrücke der „Ballen", wenn sie auch wenig deutlich sind. Diese Spur wurde von einem großen Theropoden hinterlassen (Abb. **105C-D**), der eine Hüfthöhe hatte, die auf circa 180 cm geschätzt wurde.

Die zweite Spur, die von DALLA VECCHIA (1999) beschrieben wurde, hat eine geringe Tiefe (nicht mehr als 2-2,5 cm), ist 31 cm breit und 30,5 cm lang. Sie ist halbkreisförmig mit doppeltem Halbmond, mit einem breiten Einschnitt, der bei der Mitte des hinteren Randes nach vorne gerichtet ist, sowie einem Kleineren, der sich sowohl seitlich, als auch mittig befindet (Abb.en **104** und **106A**). Die Spur ist von einer Vertiefung umgeben, die beim Abdruck dem Ausstoßrand des Sediments entsprach.

## Cretaceo inferiore: Aptiano medio (115-118 milioni di anni fa)

*Inquadramento geologico-stratigrafico*

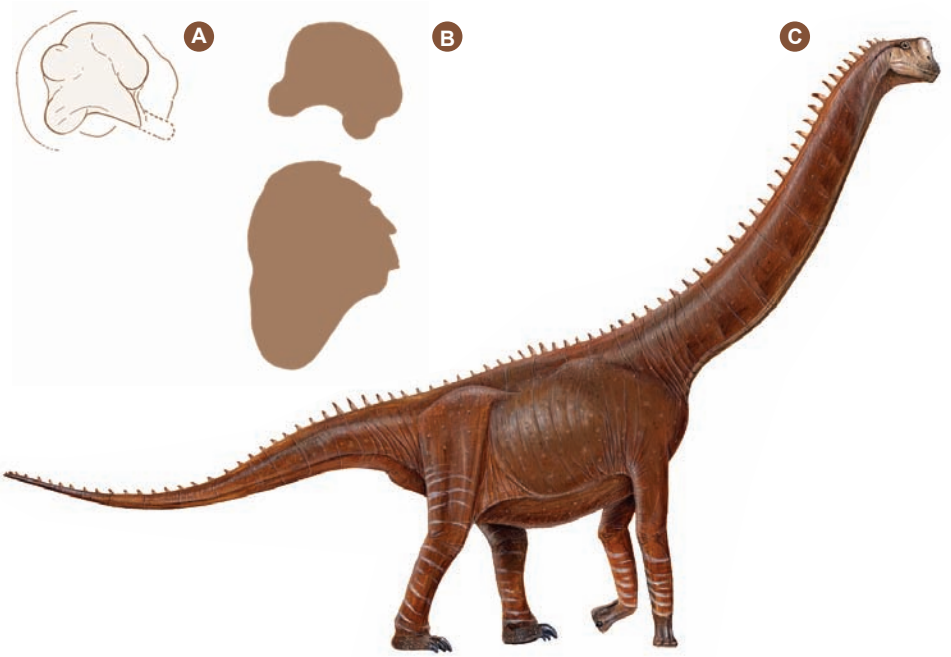
Sul versante italiano delle Prealpi Giulie, i calcari di mare basso del Cretaceo affiorano solo nei Monti della Bernadia ed in alcuni rilievi contermini, grossomodo situati tra le incisioni delle valli del Torrente Torre e del Torrente Cornappo, circa 20 km a nord-est di Udine (Fig. **107**).

Le rocce più antiche di questo gruppo montuoso risalgono all'inizio del Cretaceo (Valanginiano inferiore). Sopra di esse ci sono 300 m di calcari di età Hauteriviano-Albiano (riferibili ai Calcari del Cellina già citati in precedenza) e 200 m di calcari cenomaniani (Calcari del M. Cavallo) (Venturini & Tunis, 1989; 1998). Piccoli lembi di marne e brecce originate in ambienti di mare più profondo sono datati al Campaniano-Maastrichtiano (Cretaceo superiore); la restante parte è costituita dal *flysch* eocenico.

*Paleogeografia*

Durante l'Aptiano la zona corrispondente alle attuali Prealpi Giulie si trovava al margine della Piattaforma Carbonatica Adriatico-Dinarica e si affacciava sul Bacino Giulio o Sloveno. Probabilmente la situazione paleogeografica della regione non doveva essere molto diversa da quella esistente nel Barremiano, che abbiamo visto sopra. Tuttavia, è possibile che fosse già iniziato il processo di isolamento della Piattaforma Adriatico-Dinarica all'interno della Tetide, vale a dire la sua separazione dal continente Afroarabico.

Le possibili orme dei Monti della Bernadia (Prealpi Giulie) - Possibili orme di dinosauro sono state segnalate nel Calcare del Cellina che affiora sul fianco orientale dei Monti della Bernadia, lungo la strada Ramandolo-Chialminis, in corrispondenza del cippo che indica il km 3, circa 400 m prima del tabernacolo quotato 518 slm nella carta topo-




**106 >** Disegno dell'orma di sauropode del blocco di Porto Corsini (A, da Dalla Vecchia, 1999) comparata con una coppia di orme zampa posteriore-zampa anteriore di sauropode (B) . C) ricostruzione di sauropode brachiosauride (disegno di Lukas Panzarin).

Es handelt sich ganz klar um die Spur des Vorderfußes eines Sauropoden. Sie wurde aufgrund ihrer Morphologie als der Gegenabdruck des nicht deformierten Abdrucks des rechten Vorderfußes identifiziert (Abb. **106B**). Die Zehenspuren sind nur schwer erkennbar: Die Zehen II und IV waren kurz und abgerundet, während die schwache Spur der Zehe I dreieckig und kurz erscheint. Sie könnte allerdings auch schmal und länglich sein, je nachdem, wie man die doppeldeutig erhaltenen Strukturen interpretiert (Abb. **106A**). Die Tatsache, dass diese Spur nicht mit dem Abdruck des Hinterfußes assoziiert ist, wie man bei einem vierbeinigen Tier erwarten könnte, ist nicht weiter verwunderlich, weil es Fährten von Sauropoden gibt, die nur aus den Abdrücken der Vorderfüße bestehen (siehe zum Beispiel, Lockley et al., 1994). Ähnlichkeiten sind mit den Abdrücken des Vorderfußes der Ichnospezies *Brontopodus birdi* (Farlow et al. 1989) aus der Unterkreide in den USA erkennbar. Allerdings unterscheidet sich die friulanische Spur von diesem *Ichnotaxon* durch die Form der Zehenspur I, die beim *Brontopodus* (Abb. **106B**) abgerundet ist. Eine kurze dreieckige Spur könnte von der Zehe I eines Vorderfußes eines sauropoden Brachiosauridae stammen, weil diese Sauropoden, anders als die davon abgeleiteten Titanosaurier, noch ein Nagelglied an der Zehe I hatten. Eine dünne und lange Spur könnte dagegen von den gut entwickelten Nagelgliedern der primitiveren Sauropoden herrühren, wie zum Beispiel *Camarasaurus* und Diplodocoidea.

**Unterkreide: Mittelaptium**
**(vor 115-118 Millionen Jahren)**
***Geologisch-stratigrafische Einordnung***

Auf der italienischen Seite der Julischen Voralpen kommen Kalksteine des seichten Meeres der Kreidezeit nur auf den „Monti della Bernadia“ und bei einigen angrenzenden Anhöhen zutage, die sich in etwa zwischen den Taleinschnitten des „Torrente Torre“ und des „Torrente Cornappo“, circa 20 km im NO von Udine befinden (Abb. **107**). Die älteren Gesteine dieser Gebirgsgruppe gehen auf den Anfang der Kreidezeit (Untervalanginium) zurück. Darüber befinden sich 300 m Kalksteine aus dem Hauterivium-Albium (rückführbar auf die Kalksteine des Cellina, die bereits erwähnt wurden), sowie 200 m Kalksteine aus dem Cenomanium (Kalkstein des M. Cavallo) (Venturini & Tunis, 1989; 1998). Kleine Ränder von Mergelsteinen und Brekzien, die aus tieferen Meeresbereichen stammen, werden auf das Maastricht-Campanium (Oberkreide) datiert; der verbleibende Teil besteht aus *Flysch* aus dem Eozän.

***Paläogeographie***

Während des Aptiums befand sich das heutige Gebiet der Julischen Alpen am Rand der Adria-Dinaric-Karbonatplattform und blickt auf das Julische oder Slowenische Becken. Wahrscheinlich unterschied sich die paläogeografische Situation der Gegend nicht sehr von der im Barremium, die wir oben betrachtet haben. Allerdings besteht die Möglichkeit, dass der Isolierungsprozess der Adria-Dinaric-Plattform in der Tethys schon begonnen hatte, d. h. dass sie sich bereits vom afro-arabischen Kontinent trennte.

Die möglichen Spuren der Monti della Bernadia (Julische Voralpen) - Auf mögliche Dinosaurierspuren wurde im Kalkstein des Cellina hingewiesen, der auf der Ostseite der „Monti della Bernadia“ entlang der Straße Ramandolo-Chialminis zutage kommt (Venturini, 1995; Dalla Vecchia & Venturini, 1996). Es handelt sich um einige Vorsprünge in Form einer Mulde einer 80 cm mächtigen Kalkschicht im Inneren einer Einfügung von darunter liegendem Mergelstein, der 5 bis 30 cm dick ist (Abb. **108**). Diese Strukturen sind vor allem im Vertikalschnitt sichtbar und bilden die Auffüllung der Orignalspuren, die im Lockersediment eingeprägt waren, die den Mergelstein gebildet haben. Der Kalkstein enthält die Reste der Kalkalge *Salpingoporella dinarica* und befindet sich stratigraphisch über einer reichhaltigen Schicht mit Schalen von marinen Foraminiferen *Palorbitolina lenticularis*, so dass er wahrscheinlich auf das Mittelaptium datiert werden kann (Dalla Vecchia & Venturini, 1996). Der grau-grüne Mergelstein enthält die fossilen Reste (die Girogoniten genannt werden) der Oosporen der Charophyten (typische Wasserpflanzen, die winzige Oosporen herstellen, die mit Kalziumcarbonat verkleidet sind), Ostracoden und seltener Muscheln kleiner Weichtiere. Foraminiferen fehlen allerdings. Dies lässt vermuten, dass der Mergelstein in einem Süß- oder Salzwasserbereich, wie einer Wasserlache oder einem Küstenteich entstanden ist.
Die Hauptvertiefung war (wie man von ihrer Auffüllung ableitet) fast viereckig mit flachem Boden, fast vertikalen Rändern und es gab mögliche Spuren von einem Ausstoßrand, der sie zu umgeben scheint (Abb. **108**). Die darunter liegenden Mergelsteine sind von der Last deformiert. Alternativ hierzu könnten die untersuchten Strukturen Laststrukturen (*load casts*) sein, wenn auch das Vorhandensein von millimetergroßen Kalksteinklasten (praktisch Mikrobrekzien) auf ihrem Boden und die Laminierung, die sich im Inneren von

**107 >** Geologia dei Monti della Bernadia. 1 = calcari del Cretaceo inferiore (Calcari del Cellina); 2 = calcari del Cretaceo superiore (Calcari del M. Cavallo; Cenomaniano); 3 = *flysch* eocenico; 4 = affioramenti del Cretaceo sommitale (Campaniano-Maastrichtiano). L'asterisco indica la posizione dell'affioramento con la presunta orma.

grafica alla scala 1:25000 (Venturini, 1995; Dalla Vecchia & Venturini, 1996). Si tratta di alcune protrusioni a forma di catino di uno strato di calcare spesso 80 cm all'interno di un'intercalazione marnosa sottostante potente da 5 a 30 cm (Fig. **108**). Queste strutture sono visibili soprattutto in sezione verticale e rappresentano il riempimento delle orme originali, che erano state impresse nel sedimento che ha originato la marna.

Il calcare contiene i resti dell'alga calcarea *Salpingoporella dinarica* Radoičić 1959 e si trova stratigraficamente al di sopra di un livello ricco di gusci del foraminifero marino *Palorbitolina lenticularis* (Blumenbach 1805), così la sua datazione è probabilmente Aptiano medio (Dalla Vecchia & Venturini, 1996). La marna grigio-verdastra contiene i resti fossili (chiamati girogoniti) delle oospore delle carofite (piante acquatiche che producono minuscole oospore rivestite di carbonato di calcio), ostracodi e rare conchiglie di piccoli molluschi, ma sono prive di foraminiferi. Questo suggerisce che si sia originata in un ambiente dulcicolo o salmastro, come una pozza o uno stagno costiero.

La depressione principale (per quanto si deduce dal suo riempimento) era subrettangolare con un fondo piatto, margini subverticali e le possibili tracce di un bordo di espulsione che appare circondarla (Fig. **108**). Le marne sottostanti sono deformate dal carico. In alternativa, le strutture in esame potrebbero essere strutture da carico (*load casts*), ma la presenza di clasti millimetrici di calcare (in pratica una microbreccia) sul loro fondo e la laminazione che all'interno di almeno una delle depressioni si chiude contro fianchi (si veda Dalla Vecchia & Venturini, 1996) indicano che si tratta del riempimento di depressioni che fungevano da trappola per il sedimento più grossolano e, quindi, erano state riempite da questo.

Altri autori, come Lockley & Hunt (1994), Lockley et al. (1994) e Nadon (1993), hanno attribuito strutture simili a orme di dinosauro. Sfortunatamente, l'esposizione non permette di osservare l'intero profilo delle presunte orme e la loro eventuale disposizione a formare piste.

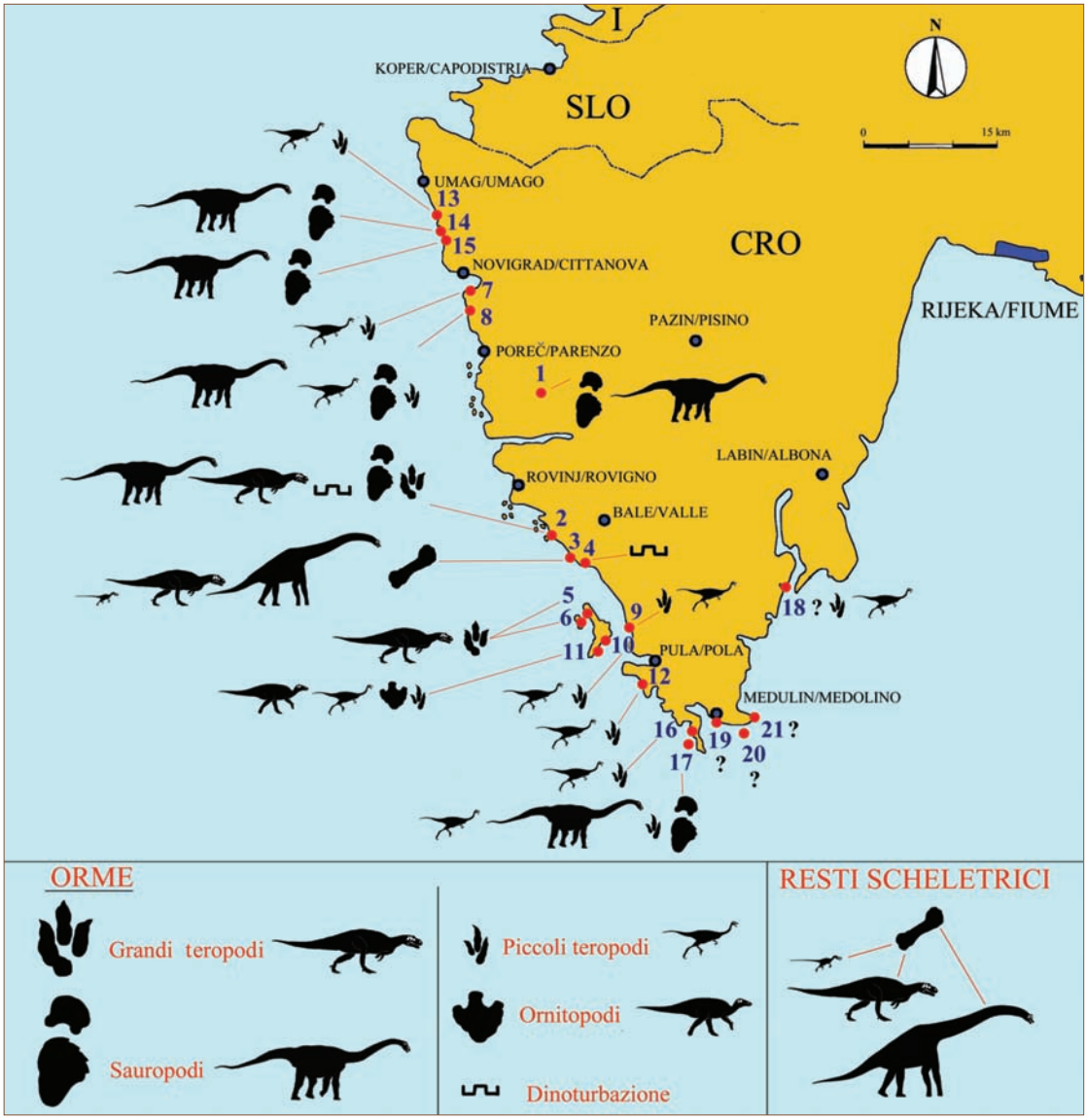
Cretaceo al di fuori del Friuli: la Penisola Istriana - Orme di dinosauro sono state rinvenute lungo quasi tutta la costa croata dell'Istria in numerosi livelli diversi nelle rocce calcaree cretaciche (Fig. **109**). Solo in una località (una cava vicino a Chirmegnacco/Kirmenjak) sono state scoperte orme di dinosauri (sauropodi) più antiche, del Giurassico superiore.

La presenza di tracce di dinosauri in Istria era stata segnalata all'inizio solo in alcune brevi note paleontologiche (Bachofen-Echt, 1925a, b; Ramovs, 1967; Gogala, 1975; Gogala & Pavlovec, 1978; Pavlovec & Gogala, 1992),

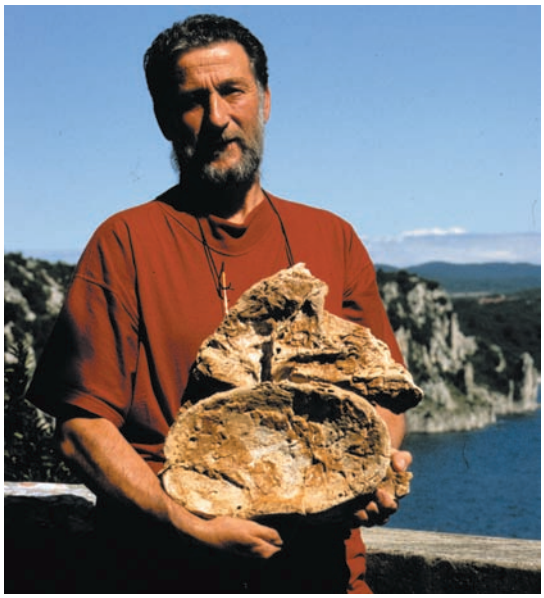
**108** > Le possibili orme di dinosauro dei Monti della Bernadia. Sopra: lo strato marnoso situato tra i due strati calcarei con indicata l'orma principale (freccia). Sotto: particolare della supposta orma principale. Per la scala si veda il copriobbiettivo della macchina fotografica, in alto al centro e la scala decimetrica sotto a destra.

mindestens einer der Vertiefungen gegen die Seiten schließt (siehe Dalla Vecchia & Venturini, 1996), anzeigen, dass es sich um die Auffüllung von Vertiefungen handelte, die das gröbste Lockersediment einschlossen und dass sie folglich davon angefüllt wurden. Weitere Autoren, wie Lockley & Hunt (1994), Lockley et al. (1994) und Nadon (1993), haben ähnliche Strukturen Dinosaurierspuren zugeschrieben. Leider erlaubt die Lage nicht die Betrachtung des gesamten Profils der vermutlichen Spuren und ihre eventuelle Ordnung, Fährten zu bilden.

Kreidezeit ausserhalb des Friauls: Die Halbsinsel Istrien - Dinosaurierspuren wurden fast entlang der gesamten kroatischen Küste Istriens in zahlreichen unterschiedlichen Ebenen in den Kalksteinen der Kreidezeit gefunden (Abb. **109**). Nur an einem Ort (einem Steinbruch in der Nähe von Chirmegnacco/Kirmenjak) sind ältere Dinosaurierspuren (Sauropoden) aus dem Oberjura gefunden worden. Die Präsenz von Dinosaurierspuren in Istrien wurde anfangs nur in einigen kurzen Paläontologie-Nachrichten (Bachofen-Echt, 1925a, b; Gogala, 1975; Gogala & Pavlovec, 1978; Pavlovec & Gogala, 1992; Ramovs, 1967), in vor allem stratigraphischen und sedimentologischen Veröffentlichungen (Polšak, 1965; Velić & Tišliar, 1987; Tišliar et al., 1983), sowie in detaillierteren Arbeiten erwähnt, die aber nur eine geringe Verteilung finden (Leghissa & Leonardi, 1990). Das Interesse für die Dinosaurier Istriens ist in der ersten Hälfte der '90-er Jahre des




**109 >** Località con resti di dinosauro in Istria. 1) Chirmegnacco/Kirmenjak (Titoniano sup.); 2) Baia di Cisterna-Capo Gustinia-Palù (Hauteriviano inf.); 3); Porto Colonne/Kolone (Hauteriviano sup.-Barremiano inf.); 4) Punta Barbariga (Barremiano inf.); 5) Capo Salsa/Pogledalo, Isola Maggiore di Brioni (Barremiano sup.); 6) Isola di Vanga (?Barremiano sup.); 7) Foce del Fiume Quieto/Mirna (Albiano sup.); 8) Punta del Dente vicino a Cervera/Črvar (Albiano sup.); 9) Puntesella/Puntizela (Albiano sup.); 10) Capo Lastra/Ploče, Isola Maggiore di Brioni (Albiano sup.); 11) Punta Cavarolla/Plješivac (Kamik), Isola Maggiore di Brioni (Albiano sup.); 12) Zlatne Stijene vicino a Pola/Pula (Albiano sup.); 13) S. Lorenzo di Daila/Lovrečica (Cenomaniano sup.); 14) Campeggio Ladin Gaj presso Carigador/Karigador (Cenomaniano sup.); 15) Baia di Carigador/Karigador (Cenomaniano sup.); 16) Capo Grakalovac vicino a Promontore/Premantura (Cenomaniano sup.); 17) Isolotto di Fenoliga/Fenolega (Cenomaniano sup.); 18) Capo Požara, Baia di Krnica (Turoniano sup.- Coniaciano); 19) presso Medolino/Medulin (Santoniano); 20) Mali Levan (Levanić) (Santoniano); 21) Capo Merlera/Marlera (Santoniano). Le località 18-21 sono dubbie.



**110 >** Una vertebra dorsale di un grande dinosauro sauropode rinvenuta nel sito di Porto Colonne/ Kolone (Valle/Bale), con il rinvenitore, Dario Boscarolli.

in pubblicazioni a carattere prevalentemente stratigrafico e sedimentologico (Polšak, 1965; Velić & Tišliar, 1987; Tišliar et al., 1983) e in lavori più dettagliati, ma con limitata distribuzione (Leghissa & Leonardi, 1990). L'interesse verso i dinosauri istriani è rinato nella prima metà degli anni '90 del secolo scorso grazie alla scoperta di un giacimento di resti ossei nei pressi del paese di Valle/Bale (Boscarolli et al., 1993; Dalla Vecchia et al., 1993; Dalla Vecchia, 1994; 1995; 1998) e all'attenzione verso i dinosauri suscitata dall'uscita nelle sale cinematografiche del film "*Jurassic Park*". Questo ha portato ad una "corsa al dinosauro" prima da parte di studiosi italiani (negli anni '90 del secolo scorso) e poi di quelli croati. Numerosi nuovi siti con impronte fossili di dinosauri sono stati trovati negli anni '90, soprattutto ad opera di Alceo Tarlao di Trieste.

vergangenen Jahrhunderts dank der Entdeckung einer Lagerstätte von Knochenresten in der Nähe von Valle/Bale (Boscarolli et al., 1993; Dalla Vecchia et al., 1993; Dalla Vecchia, 1994; 1995; 1998) und der Aufmerksamkeit für Dinosaurier durch die Veröffentlichung des Films „*Jurassic Park*" wieder neu aufgeflackert. Dies hat zu einem „Dinosaurier-Fieber zunächst durch italienische (in den '90-er Jahren) und dann durch kroatische Forscher geführt. Zahlreiche neue Standorte mit Fossilspuren von Dinosauriern wurden in den '90-er Jahren vor allem durch das Werk von Alceo Tarlao aus Triest gefunden.

**Hauterivium-Oberen Barremium (vor circa 135-125 Millionen Jahren)**

Der Fundort von Porto Colonne/Kolone (Valle/Bale) hat die einzigen Dinosaurierknochen geliefert, die bisher in Istrien entdeckt wurden. Es handelt sich um den ersten fossilführenden Aufschluss mit zahlreichen Dinosaurierskelettresten, der in der Adriaregion gefunden wurde. Sein Alter entspricht dem Oberen Hauterivium-Unteren Barremium. Die fossilführenden Gesteine befinden sich unter dem Meeresspiegel und stammen von Lockersedimenten, die in einem Küstensee abgelagert wurden. Es wurden nur einige Fundstücke gesammelt, die von Stürmen an Land gebracht oder aus der Gesteinsmatrix befreit und auf dem Meeresgrund sichtbar geworden sind. Deshalb sind die erforschten Reste mehr als bruchstückhaft. Viel Material, das sich in einem besseren Konservierungszustand befindet, liegt noch im Fels eingeschlossen auf dem Meeresgrund (Dario Boscarolli, persönliche Mitteilung). Der Großteil der identifizierten Knochen (Abb. **110**) gehört zu Titanosaurier-Sauropoden-Arten und zur Spezies *Histriasaurus boscarollii* (Dalla Vecchia 1998). Es wurden auch ein Zahn und ein Nagelglied eines kleinen Theropoden und der Wirbel eines großen Theropoden gefunden. Zwischen der Bucht **Baia di Cisterna** und dem **Capo Gustinia**, Orte, die sich südlich von Rovigno/Rovinj befinden, sind drei Oberflächen mit offensichtlichen Dinosaurierspuren und einige wahrscheinliche Spuren von „Dinosaurier verwirbelten" Schichten identifiziert worden. Das Phänomen der „Bioturbation durch Dinosaurier" ist das fossile Analog dessen, was üblicherweise an Seeufern und Wasserläufen im Allgemeinen passiert, wo Tiere trinken und das Lockersediment wiederholt zertrampeln, so dass es nicht möglich ist, die einzelnen Fährten zu unterscheiden, weil sie

übereinander liegen. Die zwei Hauptoberflächen mit Spuren sind Trampelbereiche, bei denen die meisten Abdrücke zu Sauropoden gehören könnten und einige davon sind klare Spuren des Hinterfußes dieser Dinosaurier. Eine dritte Ebene zeigt eine kurze Fährte eines zweibeinigen Dinosauriers und des tridactylen Fußes mittlerer bis großer Abmessungen. Die Ablagerungen weisen brackische Umfelder von Sümpfen oder Küstenseen auf und ihr Alter entspricht dem Unteren Hauterivium. Spuren, die auf einen kleinen vierbeinigen Dinosaurier zurückführbar sind, befinden sich auch in der Ortschaft Palù.
Bei der **Punta Barbariga**, im Süden von Valle/Bale gibt es eine Schicht, die an die Ebene mit „Bioturbation durch Dinosaurier" erinnert. Sie wird auf das Untere Barremium datiert. Es handelt sich um eine chaotische Brekzie mit großen Löchern und Vertiefungen in ihrer oberen Fläche.
Entlang der heutigen Küstenlinie der sogenannten „Isola Maggiore di Brioni" (Brijuni-Inseln), in **Capo Salsa/Pogledalo**, gibt es etwa fünfzig große trydactyle Spuren (Länge: 25-45 cm; Abb. **111**), die auf der Oberfläche eines Stromatolithen aus dem Oberen Barremium sichtbar sind. Diese Spuren waren in der Vergangenheit dem Ornithopoden *Iguanodon* zugeschrieben worden, wurden dagegen allerdings von Theropoden relativ großer Abmessungen gebildet (Dalla Vecchia et al., 2002).
Der slowenischer Bergbauingenieur Bogdan Godec zeigte Gogala & Pavlovec (1978) kurz vor seinem Tod Hunderte von Abdrücken entlang der Küste der **Insel Vanga**, die sich genau gegenüber von Capo Salsa/Pogledalo befindet. Laut den Autoren werden die Spuren der Gattung *Iguanodon* zugeschrieben. Die Insel Vanga war zunächst die Sommerresidenz des jugoslawischen, dann die des kroatischen Präsidenten, so dass sie unter strenger Kontrolle des Heeres war und deshalb wurde sie noch nicht aus paläontologischer Sicht erforscht.

**Oberes Albium (vor circa 100-110 Millionen Jahren)**
Die Fundstätten mit Dinosaurierspuren, die auf das Albium datiert sind, befinden sich alle stratigraphisch im basalen Teil des Oberen Albiums, das sich durch die Foraminiferen *Neoiraquia insolita* auszeichnet.
Es handelt sich um sechs Orte, die sich an der Westküste oder in deren Nähe im mittleren und südlichen Teil der Halbinsel befinden (Abb. **109**). Die ungewöhnlich geringen Abmessungen der Sauropoden, sowie die äußerste Seltenheit von großen Räubern (d. h. großen Theropoden) und das

**111** > Grande orma tridattila di dinosauro teropode conservata nel sito di Capo Salsa/Pogledalo nell'Isola Maggiore di Brioni.

paläogeografische Umfeld lassen vermuten, dass es sich um eine insulare Ichnoassoziation handelt.
Auf einem Campingplatz, der an der **Mündung des Flusses Quieto/Mirna** gelegen ist, wurden in den '70-er Jahren des vergangenen Jahrhunderts einige tridactlye Spuren gefunden, die sich auf Theropoden beziehen (Dalla Vecchia et al., 1993). Fast alle wurden entfernt und sind verloren gegangen.
Der reichhaltigste paläoichnologische Fundort befindet sich auf dem **Campingplatz Solaris in Punta del Dente** in der Nähe von Cervera/Crvar: Dort gibt es Hunderte von tridactylen, zweibeinigen Dinosaurierspuren mittlerer-kleiner Abmessungen (die circa 20 cm lang sind; Abb. **112**) und circa zehn Spuren, die Sauropoden zugeschrieben werden können (Dalla Vecchia & Tarlao, 2000). Der Großteil der tridactylen Abdrücke kann Theropoden zugeordnet werden. Es gibt sogar potentielle Schleifspuren des Schwanzes. Das Umfeld, in dem die Dinosaurier die Abdrücke hinterlassen haben, war eine Wattfläche (Tunis & Venturini, 2000) und ihre Bewegungsrichtung wurde in irgendeiner Weise von topografischen Faktoren beeinflusst (d. h. es gibt bestehende Vorzugsrichtungen). Auf Basis der Sauropodenspuren wurde ein neues Ichnotaxon aufgestellt: *Titanosaurimanus nana* Dalla Vecchia & Tarlao 2000. Es zeichnet sich durch geringe Abmessungen, deutliche Abdrücke der Zehen I, II, IV

*Hauteriviano-Barremiano superiore (~135-125 milioni di anni fa)*

Il sito di **Porto Colonne/Kolone (Valle/Bale)** ha fornito le uniche ossa di dinosauro scoperte finora in Istria. Si tratta del primo affioramento fossilifero ricco di resti scheletrici di dinosauro rinvenuto nella regione Adriatica e la sua età è Hauteriviano superiore-Barremiano inferiore. Le rocce fossilifere sono situate sotto il livello del mare e derivano da sedimenti deposti in un lago costiero. Finora sono stati raccolti solo alcuni reperti portati a riva dalle tempeste o liberati dalla matrice rocciosa ed esposti sul fondale e per questo i resti studiati sono per lo più frammentari. Molto materiale, in uno stato di conservazione migliore, giace ancora inglobato nelle rocce sul fondo (comunicazione personale dello scopritore del sito, Dario Boscarolli). La maggior parte delle ossa identificate (vertebre cervicali, dorsali e caudali, costole cervicali, la parte distale di un femore, ecc.; Fig. **110**) appartengono a sauropodi titanosauriformi e alla nuova specie di sauropode rebbachisauride *Histriasaurus boscarollii* Dalla Vecchia 1998. Sono stati trovati anche un dente ed una falange ungueale di un piccolo teropode e la vertebra di un grande teropode.

Tra la **Baia di Cisterna** e il **Capo Gustinia**, località poste a sud di Rovigno/Rovinj, sono state identificate tre superfici con evidenti orme di dinosauro e alcuni probabili strati "dinoturbati". Il fenomeno della "dinoturbazione" è l'analogo fossile di quanto si verifica abitualmente sulle rive dei laghi e corsi d'acqua in generale, dove gli animali vanno ad abbeverarsi e calpestano ripetutamente il sedimento in modo che non è più possibile distinguere le singole piste e spesso anche le singole orme, a causa della sovrapposizione. Le due superfici principali con orme sono aree di calpestio in cui la maggioranza delle impronte potrebbero appartenere a sauropodi e alcune sono chiaramente tracce della zampa posteriore di questi dinosauri. Un terzo livello presenta una corta pista di un dinosauro bipede e dalla zampa tridattile di dimensioni mediograndi. I depositi rappresentano ambienti salmastri di palude o lago costiero e la loro età è Hauteriviano inferiore. Orme riferibili ad un piccolo dinosauro quadrupede sono presenti anche in località Palù.

Nella **Punta Barbariga**, a sud di Valle/Bale, vi è uno strato che ricorda i substrati sconvolti dal passaggio di grandi dinosauri ("dinoturbazione) ed è datato al Barremiano inferiore. Si tratta di una breccia caotica con grandi buchi e depressioni nella sua superficie superiore. I clasti sembrano essere stati "conficcati" in una matrice plastica e presentano talvolta una disposizione piuttosto inusuale, per esempio sono piatti e orientati subverticalmente.

Lungo l'odierna linea di costa dell'Isola Maggiore di Brioni, a **Capo Salsa/Pogledalo**, ci sono una cinquantina di grandi impronte tridattili (lunghezza: 25-45 cm; Fig. **111**) conservate sulla superficie di uno strato stromatolitico riferito al Barremiano superiore. Queste orme erano state in passato attribuite all'ornitopode *Iguanodon*, ma sono state invece prodotte da teropodi di dimensioni relativamente grandi (Dalla Vecchia et al., 2002). Un ingegnere minerario sloveno, di nome Bogdan Godec, segnalò a Gogala & Pavlovec (1978), poco prima di morire, la presenza di centinaia di impronte lungo la costa dell'**Isola di Vanga** che si trova proprio di fronte a Capo Salsa/Pogledalo. Secondo gli autori citati, le orme "sono ascritte al genere *Iguanodon*". L'isola di Vanga è stata la residenza estiva prima del Presidente jugoslavo, poi di quello croato,

und V des Vorderfußes aus. Sie sind abgerundet und fast gleich groß, wobei der Zehenabdruck III größer als die anderen und in etwa rechteckig ist.
Im Ort **Puntesella/Puntizela**, nicht weit von Pola/Pula entfernt, an der Küste gegenüber den Brijuni-Inseln, wurden einige trydactyle Spuren gefunden, die auf Theropodensaurier mittlerer-kleinerer Abmessungen zurückführbar sind (Dalla Vecchia & Tarlao, 2000)
An der Küste des **Capo Lastra/Ploce** auf der Größeren Insel von Brioni gibt es einen Fundort mit 14 Fährtensegmenten, fünf Spurenpaaren und sieben Einzelspuren, die alle tridactyl sind und vor allem auf Theropoden mittlerer bis kleiner Abmessungen zurückführbar sind (Dalla Vecchia et al., 2002). Dies ist die Fundstelle, die von Bachofen-Echt im Jahr 1925 erwähnt wurde. Es scheint, als ob es dort auch größere tridactyle Spuren gibt, aber *vor Ort* ist noch keine vorhanden (vor 17 Jahren wurden einige große trydactyle, sehr ausgewaschene Spuren in einem Hafengebäude der Insel aufbewahrt; Dalla Vecchia et al., 2002).
An der Küste des **Capo Plješivac (Kamik)** auf der sogenannten 'Isola Maggiore di Brioni' werden auf einer antiken Steinbruchfläche zwei Schichtflächen mit Spuren ausgestellt (Dalla Vecchia et al., 2002). Eine konserviert drei Fährten von Theropoden mittlerer-kleiner Größe. Die andere weist eine Fährte eines wahrscheinlichen Ornithopoden mittlerer Größe auf (Abb. **113**). Im Jahr 1995, während des Krieges um Ex-Jugoslawien, wurde ich zusammen mit zwei meiner Studenten verhaftet, während ich die Spuren aufzeichnete, die an diesem Fundort vorhanden sind (der sich innerhalb eines Militärstützpunkts befand) und wurde als Spion vor Gericht gestellt. Die Geschichte wurde auch im Buch *Dinosaur tracks and other fossil footprints of Europe* (Dinosaurierspuren und andere fossile Fußabdrücke Europas; Lockley & Meyer, 1999) erzählt.
In der Ortschaft **Zlatne Stijene**, in der Nähe von Pola/Pula wird auf eine tridactyle Theropoden-Spur und auf vier fast kreisförmige Vertiefungen hingewiesen, die anderen Dinosauriern zugeschrieben werden (Mezga et al., 2007).

**Obercenomanium (vor circa 95 Millionen Jahren)**
Entlang der Istrischen Küste wurden fünf Fundorte mit Dinosaurierspuren aus dem Obercenomanium gefunden (Abb. **109**). Die Ichnofossilien sind in den marinen Kalksteinen der Adria-Dinaric-Karbonatplattform konserviert und enthalten oft viele Rudisten, charakteristische ausgestorbene Muscheln. Die Präsenz von Dinosauriern lässt

quindi sotto stretto controllo dell'esercito e non è stata ancora "esplorata" dal punto di vista paleontologico.

*Albiano superiore (~100-110 milioni di anni fa)*
I siti con orme di dinosauro datati all'Albiano si collocano stratigraficamente tutti nella parte basale dell'Albiano superiore, caratterizzata dal foraminifero *Neoiraquia insolita* (Decrouez & Moullade 1974). Si tratta di sei località situate sulla costa occidentale o vicino ad essa nella parte centrale e meridionale della penisola (Fig. **109**).
L'inusuale ridotta dimensione dei sauropodi, insieme con l'estrema rarità dei grandi predatori (vale a dire, i grandi teropodi) e il contesto paleogeografico, suggeriscono che si tratti di una icnoassociazione di tipo insulare.
All'interno di un campeggio che si trova alla **foce del Fiume Quieto/Mirna** sono state identificate negli anni '70 del secolo scorso alcune orme tridattili riferite a teropodi (Dalla Vecchia et al., 1993). Quasi tutte le orme sono state asportate e disperse.
Il sito paleoicnologico più ricco è situato nel **Campeggio Solaris a Punta del Dente vicino a Cervera/Črvar**: sono presenti centinaia di impronte tridattili di dinosauri bipedi di dimensioni medio-piccole (sono lunghe intorno ai 20 cm; Fig. **112**) e decine attribuibili a sauropodi (Dalla Vecchia & Tarlao, 2000). La maggior parte delle impronte tridattili sono del tipo riferito ai teropodi nella letteratura paleoicnologica e corrispondono alle zampe di questi sulla base della loro struttura scheletrica. Ci sono pure potenziali tracce di trascinamento della coda. L'ambiente in cui i dinosauri hanno lasciato le impronte era una piana tidale (Tunis & Venturini, 2000) e la loro direzione di movimento era in qualche modo influenzata da

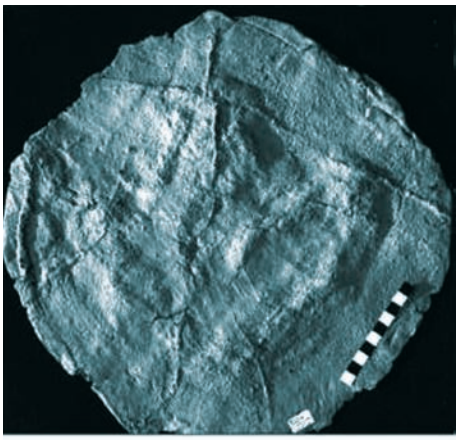
**112 >** Orme tridattili del sito del Campeggio Solaris a Punta del Dente vicino a Cervera/Črvar. A sinistra: vista della superficie ricca di impronte fossili. A destra, dall'alto al basso: originale, calco in gomma siliconica e disegno della stessa orma tridattile.

fattori topografici (vale a dire che sono presenti direzioni preferenziali). Sulla base delle orme di sauropode è stato eretto un nuovo icnotaxon, *Titanosaurimanus nana* Dalla Vecchia & Tarlao 2000, caratterizzato da dimensioni ridotte, dalle impronte distinte delle dita I, II, IV e V della zampa anteriore, che sono arrotondate e di dimensioni subeguali, e dall'impronta del dito III che è più grande delle altre e grossomodo rettangolare.

Nella località **Puntesella/Puntizela**, non molto lontano da Pola/Pula sulla costa di fronte alle Isole Brioni, sono state scoperte alcune orme tridattili riferibili a dinosauri teropodi di dimensioni medio-piccole (Dalla Vecchia & Tarlao, 2000).

Sulla costa del **Capo Lastra/Ploče** nell'Isola Maggiore di Brioni c'è un sito con 14 segmenti di piste, cinque paia e sette orme isolate, tutte tridattili e per lo più attribuibili a dinosauri teropodi di dimensioni medio-piccole (Dalla Vecchia et al., 2002). Questo è il sito menzionato da Bachofen-Echt nel 1925. Sembra che ci fossero anche orme tridattili più grandi, ma nessuna è ancora presente *in situ* (17 anni fa alcune grandi impronte tridattili molto erose erano conservate in un edificio del porto dell'isola; Dalla Vecchia et al., 2002).

Sulla costa della **Punta Cavarolla/Plješivac (Kamik)** nell'Isola Maggiore di Brioni, in un'antica zona di cava, sono esposte due



**113** > La pista di ornitopode del sito di Punta Cavarolla/Plješivac (Kamik). A destra, calco e disegno dell'orma meglio conservata (da Dalla Vecchia et al., 2002).

vermuten, dass es im Bereich der Plattform Festlandteile gab, obwohl das Obercenomanium als Zeitraum mit einem global hohen Meeresniveau betrachtet wird. Die gängigsten Dinosaurier waren zweibeinig mit mittleren-kleinen Abmessungen. Sie waren wahrscheinlich Theropoden, was von tridactylen Spuren belegt wurde, die 16-25 cm lang sind. Auch die besonders kleinen Sauropoden (mit Spuren der Hinterfüße in einer Länge von 30-40 cm) sind mindestens an drei Fundstellen vorhanden (Ladin Gaj, Carigador/Karigador und Fenoliga). Wie schon im Oberalbium könnte das Fehlen von großen Räubern und Pflanzenfressern auf die Tatsache des Insellebens zurückzuführen sein, wie aus paläogeografischen Rekonstruktionen der West-Tethys hervorgeht.
An der Südküste **S. Lorenzo di Daila/Lovrecica** ist eine Schichtoberfläche exponiert, die circa fünfzig tridactyle Spuren mittlerer Größe konserviert, die manchmal in kurzen Fährten organisiert sind und von Theropoden mittlerer bis kleiner Abmessung stammen (Dalla Vecchia et al., 2001). In der **Bucht von Carigador/Karigador**, (Mezga et al., 2006) wurde auf eine Fährte mit 28 Spurpaaren und einer Gruppe von vier Paaren hingewiesen, die sich auf Nicht-Titanosaurier-Sauropoden mäßiger Abmessungen beziehen (die Spur der Hinterfüße beträgt 33 cm). Im nahegelegenen Ort des Campingplatzes **Ladin Gaj**, der sich wenig südlich vom vorhergehenden Ort befindet, haben Dalla Vecchia et al. (2001) die Präsenz zweier Fährten und einiger isolierter Spuren beschrieben, die auf Sauropoden geringer Abmessungen zurückführbar sind (die Spuren der Hinterfüße sind circa 40 cm lang). Bei den Fährten sind die typischen Paare Hinterfuß-Vorderfuß erhalten. Dabei besitzt die Spur des Vorderfußes eine Halbmondform aufgrund der Deformation, die durch den Abdruck des Hinterfußes gebildet wird (Abb. **114**). Die Ortschaft **Capo Grakalovac** bei Promontore/Premantura

**114 >** Una coppia zampa posteriore-zampa anteriore di una pista di sauropode del sito di Ladin Gaj vicino a Karigador/Carigador.

**115 >** La lunga pista di sauropode nell'isolotto di Fenoliga/Fenolega.

superfici di strato con orme (Dalla Vecchia et al., 2002). Una conserva tre piste di dinosauri teropodi di dimensioni medio-piccole, l'altra presenta una pista di un probabile dinosauro ornitopode di medie dimensioni (Fig. **113**). Nel 1995, durante la guerra nell'ex-Iugoslavia, sono stato arrestato insieme a due miei studenti mentre stavo mappando le orme presenti in questo sito (che si trovava all'interno di una base militare) e processato come spia. La vicenda è stata raccontata anche nel libro *Dinosaur tracks and other fossil footprints of Europe* (Lockley & Meyer, 1999). A **Zlatne Stijene**, vicino a Pola/ Pula, è segnalata un'impronta tridattile riferita ad un teropode e quattro depressioni subcircolari attribuite ad altri dinosauri (Mezga et al., 2007).

*Cenomaniano superiore*
*(~95 milioni di anni fa)*

Lungo la costa istriana sono stati identificati cinque siti con orme di dinosauro del Cenomaniano superiore (Fig. **109**). Come nel caso delle orme hauteriviano-barremiane ed albiane, gli icnofossili sono conservati nei calcari marini della piattaforma carbonatica Adriatica-Dinarica, spesso ricchi dei caratteristici bivalvi estinti chiamati Rudiste. La presenza di dinosauri suggerisce l'esistenza nella piattaforma di aree emerse a dispetto del fatto che il Cenomaniano superiore sia considerato un intervallo con un alto stazionamento marino a livello globale. I dinosauri più comuni erano bipedi di dimensioni medio-piccole, molto probabilmente teropodi, testimoniati da orme tridattili lunghe 16-25

cm. Anche i sauropodi di dimensioni particolarmente ridotte (con orme delle zampe posteriori lunghe 30-40 cm) sono presenti in almeno tre siti (Ladin Gaj, Carigador/Karigador e Fenoliga). Come per l'Albiano superiore, l'assenza di grandi predatori e di grandi vegetariani potrebbe essere dovuta al fatto di vivere su di un'isola, in accordo con le ricostruzioni paleogeografiche della Tetide occidentale.

Sulla costa a sud di **S. Lorenzo di Daila/Lovrečica**, è esposta una superficie di strato che conserva una cinquantina di orme tridattili di medie dimensioni, a volte organizzate in corte piste, prodotte da dinosauri teropodi di dimensioni medio-piccole (Dalla Vecchia et al., 2001).

Nella **baia di Carigador/Karigador**, Mezga et al. (2006) hanno segnalato una pista con 28 paia di orme e un gruppo di quattro coppie riferite a sauropodi non-titanosauriani di modeste dimensioni (le orme delle zampe posteriori sono lunghe 33 cm).

Nella località del campeggio naturista **Ladin Gaj**, molto vicina alla precedente, Dalla Vecchia et al. (2001) hanno riportato la presenza di due piste ed alcune orme isolate riferite a sauropodi di modeste dimensioni (le orme delle zampe posteriori sono lunghe circa 40 cm). Nelle piste sono ben conservate le caratteristiche coppie zampa posteriore-zampa anteriore con l'orma della zampa anteriore a forma di mezzaluna a causa della deformazione prodotta da quella della zampa posteriore (Fig. **114**).

La località di **Capo Grakalovac**, sulla costa vicino a Promontore/Premantura, conserva due piste di dinosauri teropodi di dimensioni medio-piccole, alcune altre orme tridattili isolate ed alcune deboli tracce subcircolari (Dalla Vecchia et al., 2001). Sulla parete rocciosa si possono identificare altre orme in sezione trasversale (Dalla Vecchia & Venturini, 1996).

Nell'**isolotto di Fenoliga/Fenolega** è esposta una lunga pista di un dinosauro sauropode di modeste dimensioni (Fig. **115**) e numerose orme subcircolari non chiaramente organizzate in pista e probabilmente riferibili anch'esse a dinosauri sauropodi di stazza simile. Ci sono anche tre piste, due lunghe ed una corta, prodotte da dinosauri teropodi di dimensioni medio-piccole. Sono state descritte in dettaglio da Dalla Vecchia et al. (2001).

Orme fossili sono state riportate da Mauko & Floriancić (2003) anche nel Coniaciano-Turoniano di Capo Požara (Baia di Krnica), mentre Kržić (2010) ne segnala nel Santoniano di Medolino/Medulin, Mali Levan (Levanić) e Capo Merlera/Marlera, ma la loro identità come icnofossili è dubbia o non è stata mai confermata da studi scientifici.

konserviert zwei Dinosaurierfährten von Theropoden mittlerer bis kleiner Größe, einige andere isolierte trydactyle Spuren, sowie einige schwache fast kreisförmige Spuren (Dalla Vecchia et al., 2001). An der Felswand kann man weitere Spuren in Querrichtung finden (Dalla Vecchia & Venturini, 1996). Auf der **kleinen Insel von Fenoliga/Fenolega** ist eine lange Fährte eines Sauropoden geringer Größe sichtbar (Abb. **115**). Außerdem gibt es fast kreisförmige Spuren, die nicht klar in einer Fährte organisiert sind. Sie sind wahrscheinlich auch auf Sauropoden ähnlicher Größe zurückführbar. Es gibt auch drei Fährten, von denen zwei lang und eine kurz sind, die von Theropoden mittlerer bis kleiner Größe stammen. Sie wurden im Detail von Dalla Vecchia et al. (2001) beschrieben.

Fossilspuren wurden von Mauko & Floriancić (2003) auch im Coniacium-Turonium von Capo Poara (Bucht von Krnica) beschrieben, während Krzić (2010) darauf im Santonium von Medolino/Medulin, Mali Levan (Levanić) und Capo Merlera/Marlera hinweist. Allerdings ist ihre Identität als Ichnofossilien zweifelhaft oder wurde nie von wissenschaftlichen Studien bestätigt.

**116 >** L'affioramento di conglomerato alla sommità del Colle di Osoppo che conserva le orme di mammiferi. A destra: la sezione stratigrafica dell'affioramento (l'asterisco indica la posizione del livello con le orme).

## CENOZOICO (66-0 milioni di anni fa)

Durante la prima parte del Cenozoico gran parte dell'area friulana era ricoperta dal mare. Nell'Eocene - tra i 56 e i 48 milioni di anni fa - nei bacini marini profondi si depositò la potente successione del *flysch*, che affiora oggi nella porzione meridionale delle Prealpi Giulie e Carniche, nei Colli Orientali del Friuli, nel Collio Goriziano e nel margine meridionale del Carso. La collisione tra le placche stava iniziando ad innalzare la Catena Alpina, che emerse dal mare prima nella zona settentrionale della Regione e in Slovenia e poi migrò verso sud. Nel Miocene - tra i 20 e gli 8 milioni di anni fa - il mare arrivava ancora all'altezza delle attuali Prealpi Carniche. Circa 5,7 milioni di anni fa il Mediterraneo si prosciugò parzialmente a causa della chiusura dello stretto di Gibilterra, che lo isolò dall'Oceano Atlantico, e ciò che rimase divenne un grande lago salato.

## Miocene terminale o Pliocene (circa 5,5-2,6 milioni di anni fa)

*Inquadramento geologico-stratigrafico*

Le uniche orme di tetrapodi cenozoici dell'Italia settentrionale si trovano sulla sommità del Colle di Osoppo.

Una piccola parte del rilievo è formata da arenarie del Miocene inferiore (circa 20 milioni di anni fa) che sono ricoperte in discordanza angolare da siltiti e sabbie fini carbonatiche (le "siltiti di Osoppo"). Sopra le siltiti si trova un potente corpo di conglomerato spesso circa 110 m (il Conglomerato di Osoppo), di origine prevalentemente deltizia, che forma la maggior parte del colle. Si tratta di sedimenti grossolani depositati nella parte sommersa di apparati deltizi formati da corsi d'acqua che avevano un corso piuttosto breve e terminavano secondo alcuni autori in mare o, secondo altri, in un lago. La sommità della successione è, invece, costituita dai

depositi della piana deltizia emersa attraversata dai canali distributori.

Una piccola sezione stratigrafica della parte deposta nella piana deltizia è visibile alla sommità meridionale del Colle in corrispondenza delle opere di fortificazione. Alla base di questa sezione i lavori di restauro delle mura del forte hanno esposto una superficie relativamente ampia che contiene cinque piste fossili (Fig. **116**). Il letto della sezione è costituito da un dosso di ghiaia fluviale cementata attraversato da due canali profondi solo pochi centimetri nei quali scorreva un velo di acqua che ha lasciato sottili increspature nella prima lamina del sedimento soprastante. Il dosso, infatti, è coperto da circa 20 centimetri di areniti giallastre che terminano verso l'alto con un sottile livello di argilla (che si identifica solo alla frattura fresca della roccia), testimonianza di un ambiente di deposizione tranquillo. Al di sopra di questi depositi fini c'è uno strato di conglomerato con ciottoli disposti caoticamente, seguito da un corpo sedimentario più potente in cui i ciottoli sono depositati in strati inclinati e che rappresenta plausibilmente la barra di un meandro fluviale. Le orme sono state impresse dai *trackmakers* sulla prima lamina di sabbia fine depositata sopra il dosso ghiaioso, ma sono state trasmesse in profondità nella ghiaia sottostante che non era ancora cementata. L'erosione recente ha asportato l'arenite (più "tenera" del conglomerato) da gran parte della superficie esposta, perciò quelle visibili sono soprattutto le sottoimpronte nel conglomerato.

La datazione del conglomerato del Colle di Osoppo è sempre stata dibattuta e basata su deduzioni geologiche, data la mancanza di fossili utili a tal fine. Dalla Vecchia & Rustioni (1996) lo avevano datato alla fine del Miocene sulla base della distribuzione stratigrafica e geografica dell'equide *Hipparion*, al quale avevano attribuito parte delle piste conservate nel sito. Infatti, secondo i dati disponibili al tempo, questo mammifero era diffuso in Europa soprattutto nel Miocene superiore mentre nel Pliocene rimaneva solo nella Penisola Iberica. I pochi resti italiani erano (e continuano ad essere) tutti miocenici con l'esclusione di un reperto di dubbia datazione; le famose faune a mammiferi del Pliocene-Pleistocene inferiore piemontese e toscano non presentano *Hipparion*.

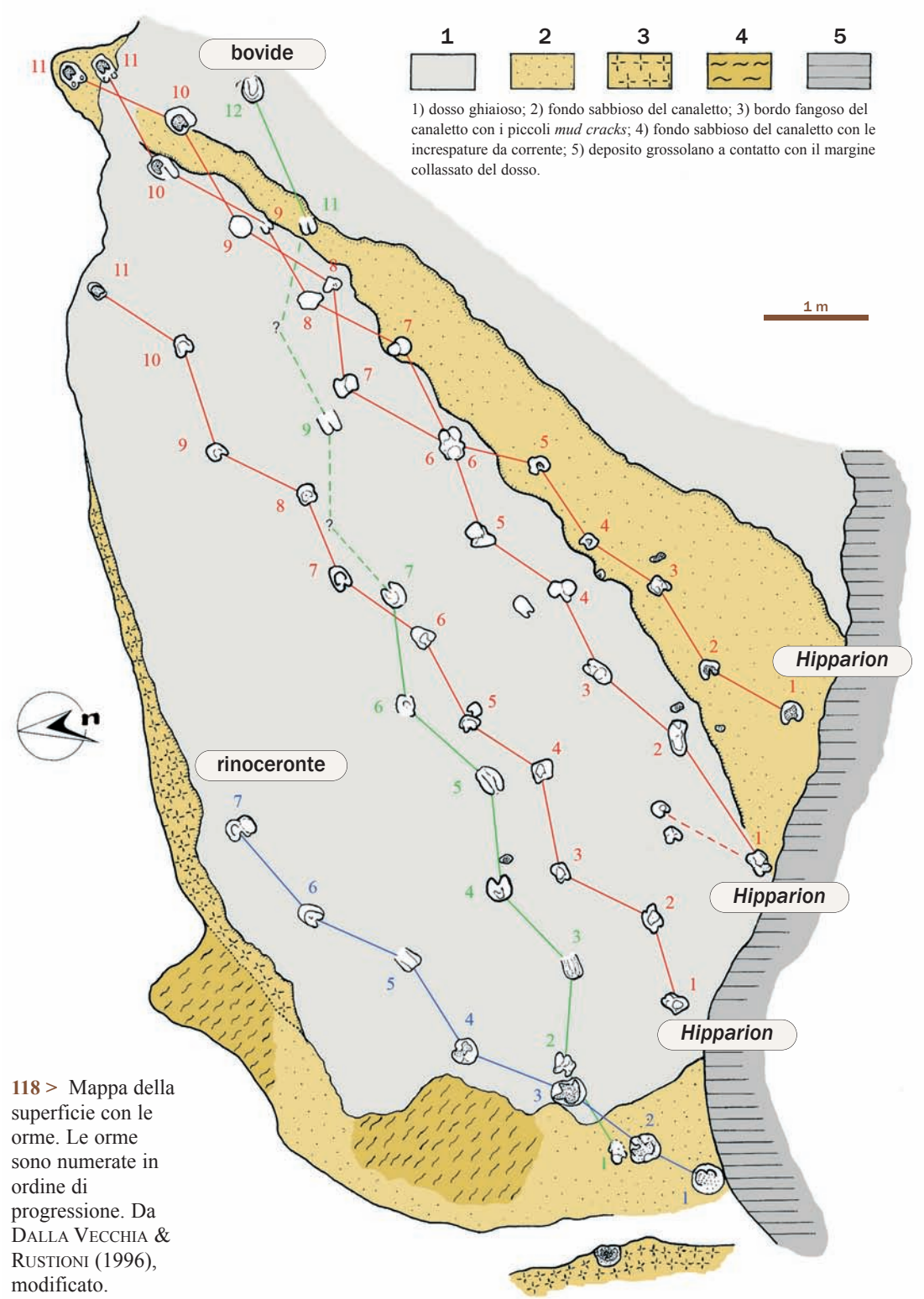
Studi più recenti (Pesquero et al., 2006) sembrano confermare tale distribuzione. I resti fossili di questo equide sono stati trovati in Eurasia nell'intervallo Miocene superiore-Pliocene superiore (secondo la "vecchia" definizione di Pliocene superiore che includeva parte del Pleistocene come attualmente inteso; si veda sotto), ma sono particolarmente comuni in Spagna, Austria, Germania e Grecia nei depositi datati 11-7 milioni di anni fa. Si trovano nel Pliocene superiore (nel senso "antico" della definizione) di Spagna e Turchia, zone periferiche del continente. La Penisola Iberica è stata una zona di rifugio terminale anche per altri gruppi di mammiferi durante il Plio-Pleistocene. La sostituzione definitiva di *Hipparion* con *Equus* è posta a 2,5 milioni di anni fa, che nel 2006 era una datazione assoluta situata a metà del Pliocene superiore (quindi, in qualche modo nel Pliocene "medio", che formalmente non esiste) ed ora è, invece, nel Pleistocene. Infatti, si è stabilito recentemente, per alzata di mano tra chi si occupa di fissare formalmente i limiti tra gli intervalli del tempo geologico e relativi corpi rocciosi, di aumentare la durata del Pleistocene a scapito del Pliocene. La parte superiore

**117 >** La superficie con le orme nel 1994.

del Pliocene è diventata l'inizio del Pleistocene ed il Pliocene ha ora una durata da 5,33 a 2,59 milioni di anni fa, mentre prima terminava 1,810 milioni di anni fa. Semplice, no?
La datazione del conglomerato di Dalla Vecchia & Rustioni (1996) sembrava rafforzata dallo studio di Viaggi e Venturini (1996) che ipotizzava un ambiente di deposizione salmastro per i sedimenti sottostanti il conglomerato, sulla base della presenza degli ostracodi *Cyprideis pannonica* e *Loxoconca* sp., e li datava, dunque, alla fine della crisi di salinità miocenica (circa 5,5-5,3 milioni di anni fa). In seguito Fantoni et al. (2002) hanno attribuitò un'età più antica alle siltiti (Tortoniano superiore-Messiniano inferiore), ma questo non

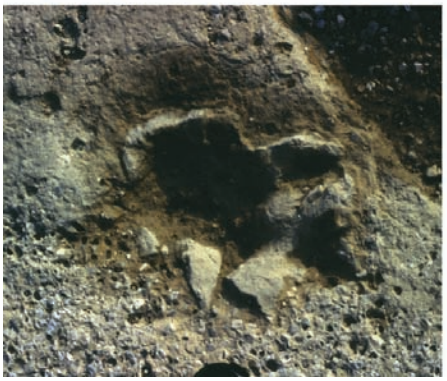
**KÄNOZOIKUM (vor 66-0 Millionen Jahren)**
Während des ersten Teils des Känozoikums war der Großteil des friulanischen Gebiets vom Meer bedeckt. Im Eozän, in der Zeit vor 56 bis 48 Millionen Jahren, lagerte sich in den tiefen Meeresbecken die mächtige *Flysch*-Abfolge ab, die heute im südlichen Teil der Julischen und Karnischen Voralpen, sowie am Südrand des Karstes zutage tritt. Der Zusammenstoß zwischen den Platten verursachte das Anheben der Alpenkette. Im Miozän, in der Zeit vor 20 bis 8 Millionen Jahren, reichte das Meer noch bis zur Höhe der derzeitigen Karnischen Voralpen. Vor circa 5,7 Millionen Jahren trocknete das Mittelmeer zu Teil aus, weil sich die Meerenge von Gibraltar schloss, sodass es vom Atlantischen Ozean isoliert war. Was verblieb wurde zu einem großen Salzsee.

**Spätes Miozän oder Pliozän**
**(vor circa 5,5-2,6 Millionen Jahren)**
***Geologisch-stratigrafische Einordnung***
Die einzigen Spuren von Tetrapoden aus dem Känozoikum in Norditalien befinden sich am Gipfel des „Colle di Osoppo“.
Ein kleiner Teil des Hügels besteht aus Sandsteinen des unteren Miozäns (vor circa 20 Millionen Jahren). Er ist in winkeliger Diskordanz von Schluffsteinen und feinem Karbonatsand (die „Schluffsteine von Osoppo“) bedeckt. Über den Schluffsteinen befindet sich ein circa 110 cm mächtiger Konglomeratkörper (Osoppo Konglomerat), der vor allem aus dem Delta stammt und den Großteil des Hügels bildet. Es handelt sich um grobe Sedimente, die sich im unterirdischen Teil des Deltabereichs von Wasserläufen gebildet haben, die einen relativ kurzen Verlauf hatten und laut einigen Autoren im Meer oder, anderen zufolge, in einem See endeten. Der obere Teil der Abfolge besteht dagegen aus Ablagerungen der Deltaebene, die von den Kanälen durchquert wurden.
Ein kleiner Abschnitt des in der Deltafläche abgelagerten Teils ist am südlichen Gipfel des Hügels auf Höhe der Befestigungen sichtbar. Unten an diesem Abschnitt haben die Restaurierungsarbeiten der Befestigungsmauern eine ziemlich weitläufige Oberfläche freigelegt, die fünf versteinerte Fährten enthält (Abb. **116**). Das Bett des Abschnitts besteht aus einer zementierten Flusskiesanhöhe, die von zwei nur wenigen Zentimeter tiefen Kanälen durchschnitten wird, in denen ein Hauch von Wasser floss, der dünne Kräuselungen in der ersten Schicht des darüber liegenden Sediments hinterlassen hat. Die Anhöhe, die von circa 20 Zentimetern gelblichen Sandsteinen bedeckt ist, die mit einer dünnen Tonschicht nach oben enden (die man nur durch das frische Brechen des Gesteins erkennt), ist Zeichen für ein ruhiges Ablagerungsumfeld. Oberhalb dieser feinen Ablagerungen gibt es eine Konglomeratschicht mit chaotisch verteiltem Kiesel, der von einem mächtigeren Sedimentkörper gefolgt wird, in dem sich Kieselsteine in geneigten Schichten abgelagert haben. Er stellt die Sandbank eines Flußmäanders dar. Die Spuren wurden von den *trackmaker* auf der ersten feinen Sandschicht über einer Kiesanhöhe abgedrückt. Sie wurden allerdings in die Tiefe im darunter liegenden Kies übertragen, der noch nicht zementiert war. Die jüngste Erosion hat den Sandstein (der weicher als das Konglomerat war) von einem Großteil der exponierten Oberfläche entfernt, weshalb die sichtbaren Spuren vor allem die undertracks im Konglomerat sind.
Das Alter des Konglomerats des ‘Colle di Osoppo’ war immer umstritten und basiert auf geologischen Ableitungen, weil zu einer realen Bestimmung brauchbare Fossilien fehlen. Dalla Vecchia & Rustioni (1996) hatten es, auf Basis der stratigrafischen und geografischen Verteilung des Equiden *Hipparion,* auf das Ende des Miozäns datiert. Diesem Equiden schrieben sie einen Teil der Fährten zu, die an der Fundstätte erhalten waren. Tatsächlich war dieses Säugetier in Europa vor allem im oberen Miozän weit verbreitet, während es im Pliozän nur auf der Iberischen Halbinsel verblieb. Die wenigen italienischen Reste waren (und verbleiben weiterhin) alle aus dem Miozän. Hiervon ist nur ein Fundstück ausgeschlossen, das eine zweifelhafte Datierung hat. Die bekannten Säugetierfaunen von Pliozän-Unterem Pleistozän in Piemont und Toskana weisen keinen *Hipparion* auf.
Jüngere Studien (Pesquero et al., 2006) scheinen diese Verteilung zu bestätigen. Die Fossilreste dieses Equiden wurden in Eurasien im Zeitraum des Oberen Miozäns-Oberen Pliozäns gefunden (nach der alten Definition des Oberen Pliozäns, das einen Teil des Pleistozäns einschloss, wie derzeit verstanden; siehe unten). Diese Equiden sind allerdings besonders häufig in Ablagerungen in Spanien, Österreich, Deutschland und Griechenland, die auf eine Zeit vor 11-7 Millionen Jahren datiert wurden. Sie finden sich im Oberen Pliozän (im alten Sinn der Definition) in Spanien




**118 >** Mappa della superficie con le orme. Le orme sono numerate in ordine di progressione. Da Dalla Vecchia & Rustioni (1996), modificato.

**119 >** Le impronte di *Hipparion* del Colle di Osoppo. Sopra: le orme meglio conservate in cui si riconoscono le tracce delle piccole dita laterali. Sotto: ricostruzione di *Hipparion* (disegno di Lukas Panzarin).



und der Türkei, die Randbereiche des Kontinents waren. Die Iberische Halbinsel war auch ein Endrückzugsbereich für andere Säugetiergruppen während des Pliozäns-Pleistozäns. Der endgültige Ersatz von *Hipparion* durch *Equus* erfolgte vor 2,5 Millionen Jahren, die im Jahr 2006 eine absolute Datierung in der Mitte des Oberen Pliozäns war und sich jetzt dagegen im Pleistozän befindet. Denn kürzlich wurde die Dauer des Pleistozäns auf Kosten des Pliozäns erweitert. Der obere Bereich des Pliozäns ist zum Beginn des Pleistozäns geworden und das Pliozän

aveva un effetto sensibile sul ragionamento di Dalla Vecchia & Rustioni (1996). Tuttavia, per Monegato et al. (2006), sulla base dei microfossili - ostracodi e pollini - le siltiti hanno un'età variabile tra il Pliocene "medio" (inteso come corrispondente al Piano Piacenziano, ma secondo la definizione "vecchia di Pliocene: il Piacenziano è il Pliocene superiore ora) e il Messiniano terminale, ma più probabilmente si sono depositate al limite tra il Pliocene inferiore e il Pliocene "medio" (secondo le vecchie definizioni cronostratigrafiche). Quest'ultima datazione era basata anche sulla distribuzione stratigrafica totale di *Hipparion*.

Fino a pochi anni fa le rocce del Pliocene sembravano non affiorare in Friuli e questo apparentemente ha spinto i geologi a trovarle a tutti i costi.

Si può concludere questa complessa discussione sull'età delle orme di Osoppo con le parole di Dalla Vecchia (2008, p. 274): "Se davvero gli *Hipparion* di Osoppo vissero durante il Pliocene medio [Pliocene superiore], si trattava di popolazioni relitte come quelle spagnole e turche. Questa situazione di *refugium* non trova però riscontro nelle più vicine Germania e Austria".

*Paleogeografia*

Il prosciugamento del Mediterraneo cambiò sensibilmente la paleogeografia dell'Europa meridionale. In particolare, innescò una intensa erosione ai margini del bacino e la formazione di profonde incisioni vallive (tra le quali quella in cui attualmente si trova il Lago di Cavazzo) che furono poi occupate dal mare quando - all'inizio del Pliocene - la soglia di Gibilterra si riaprì e il Mediterraneo si riempì nuovamente. Le conseguenze di tali eventi, insieme alle glaciazioni pleistoceniche - sono alla base dell'odierna morfologia dell'Italia settentrionale.

Nel Pliocene, il mare inondò le zone che erano state emerse per centinaia di migliaia di anni e quella che oggi è la Pianura Padana divenne un mare abitato da squali e balene.

Le orme di mammiferi del colle di Osoppo - Tre distinte morfologie di orme sono presenti sul Colle di Osoppo e sono riferibili a tre mammiferi del tutto diversi tra loro (Figg. **117-118**) . Naturalmente, l'attribuzione di tali orme è piuttosto interpretativa, anche per i dubbi esistenti sulla loro reale età.

Le orme riferite da Dalla Vecchia & Rustioni (1996) al già citato ***Hipparion*** (Fig. **119**) sono quelle che presentano la traccia di tre dita, uno centrale, grande (la sua impronta è lunga circa otto centimetri ed è profonda) e di forma più o meno rettangolare, e due laterali, molto più piccole, che producevano impronte basse e circolari.

Queste orme formano tre piste parallele che attraversano tutto l'affioramento dirette verso nord-est (Figg. **117-118**). C'è quasi completa sovrapposizione tra l'orma della zampa posteriore e quella della zampa anteriore, con il risutato che le piste sembrano essere state lasciate da un animale bipede. Solo in alcune di esse è conservata la traccia delle dita laterali; si tratta di quelle prodotte quando la zampa era sprofondata maggiormente nella sabbia umida e nella ghiaia sottostante (Fig. **119**). Nelle vere orme si distinguono le tre dita, mentre nelle sottoimpronte si osserva bene solo l'impronta del dito centrale. *Hipparion* è un'equide estinto che non raggiungeva il metro e mezzo di altezza al garrese ed aveva zampe tridattili, anche se le dita laterali,

hat jetzt eine Zeitdauer von vor 5,33 bis 2,59 Millionen Jahren, während es vorher vor 1,81 Millionen Jahren endete.
Die Datierung des Konglomerats durch Dalla Vecchia & Rustioni (1996) erschien durch die Studie von Viaggi und Venturini (1996) bekräftigt. Sie vermuteten ein salzhaltiges Ablagerungsumfeld für die Sedimente unter dem Konglomerat aufgrund des Vorhandenseins der Ostrakoden *Cyprideis pannonica* und *Loxoconca* sp., und datierten sie folglich auf das Ende der Salinitätskrise im Miozän (vor circa 5,5-5,3 Millionen Jahren). Danach haben Fantoni et al. (2002) das Alter der Schluffsteine zurückgesetzt (Oberes Tortonium-Unteres Messinium). Allerdings hatte dies keine bedeutende Auswirkung auf die Überlegung von Dalla Vecchia & Rustioni (1996). Für Monegato et al. (2006) haben die Schluffsteine, aufgrund der Mikrofossilien, wie Ostrakoden und Pollen, ein Alter, das zwischen dem „mittleren“ Pliozän (als der Piacenzium-Ebene entsprechend verstanden, allerdings nach der „alten“ Definition von Pliozän: das Piacenzium ist jetzt das Obere Pliozän) und dem End-Messinium liegt. Wahrscheinlich erfolgten die Ablagerungen aber zwischen dem Unteren Pliozän und dem „mittleren“ Pliozän (gemäß den alten chronostratigraphischen Definitionen). Diese letzte Datierung basierte auf der stratigrafischen Gesamtverteilung von *Hipparion*.
Man kann diese komplexe Diskussion über das Alter der Spuren von Osoppo mit den Worten von Dalla Vecchia (2008, S. 274) abschließen: „Wenn die *Hipparion* von Osoppo wirklich während des mittleren Pliozäns [Oberen Pliozäns] gelebt hatten, so handelte es sich um Reliktpopulationen, wie die Spanischen und Türkischen. Diese Situation des *‚refugium‘ (Refugialraumes)* wird allerdings nicht im nahe gelegenen Deutschland und Österreich reflektiert“.

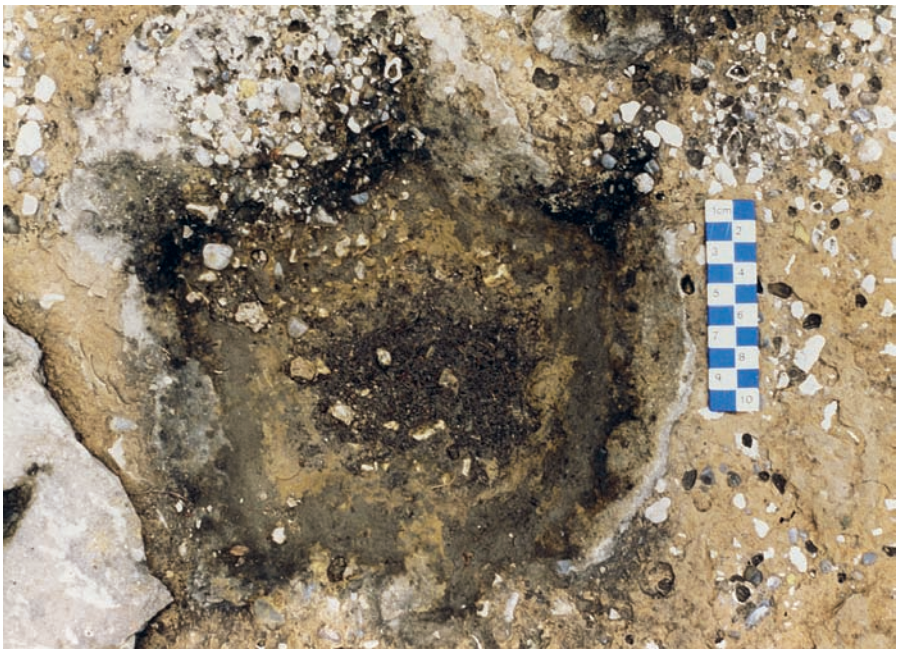
*Paläogeographie*
Die Trockenlegung des Mittelmeeres änderte die Paläogeographie von Südeuropa deutlich. Insbesondere löste sie eine starke Erosion in den Randbereichen des Beckens und die Bildung von tiefen Taleinschnitten aus. (Hierzu gehört diejenige, die derzeit vom See ‘Lago di Cavazzo’ bedeckt wird). Diese Taleinschnitte wurden dann vom Meer gefüllt, als sich zu Beginn des Pliozäns die Schwelle von Gibraltar erneut öffnete und sich das Mittelmeer wieder füllte. Die Folgen dieser Ereignisse sind, zusammen mit den Vereisungen im Pleistozän, die Basis für die heutige Morphologie von Norditalien. Im Pliozän überschwemmte das Meer die Bereiche, die Hunderttausende von Jahren zum Festland gehört hatten und die heutige Poebene wurde zu einem Meer, das von Haien und Walen bevölkert war.

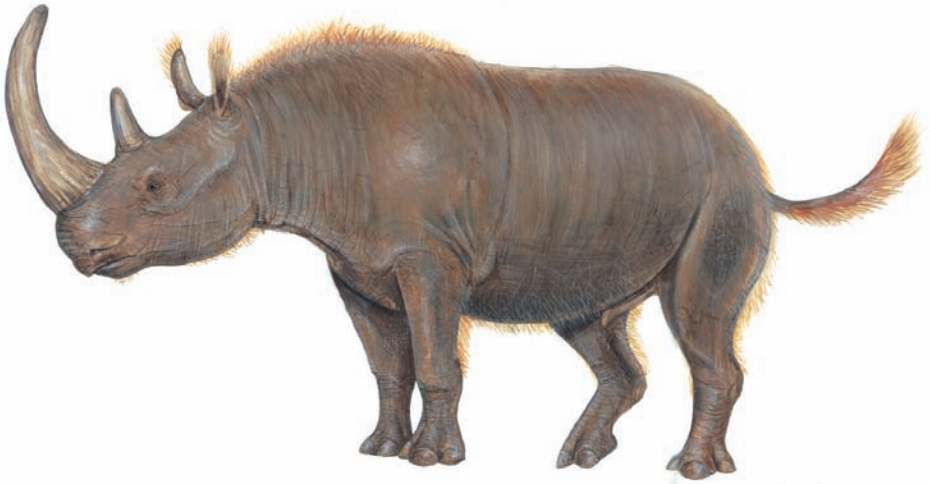
Die Spuren von Säugetieren des Colle di Osoppo - Drei deutliche Morphologien von Spuren sind auf dem Colle di Osoppo vorhanden und sie beziehen sich auf drei verschiedene Säugetiere (Abb. **117-118**). Natürlich ist die Zuteilung dieser Spuren, auch aufgrund der Zweifel hinsichtlich ihres tatsächlichen Alters, ziemlich interpretationsabhängig.
Die Spuren, die von Dalla Vecchia & Rustioni (1996) auf den bereits zitierten ***Hipparion*** (Abb. **119**) zurückgeführt wurden, zeigen die Spur von drei Zehen, mit einer großen mittleren Zehe (ihr Abdruck ist circa acht Zentimeter lang und tief) und ihre mehr oder weniger rechteckige Form, sowie zwei seitliche Zehen, die viel kleiner sind, die niedrige und kreisrunde Abdrücke schufen. Diese Spuren formen drei parallele Fährten, die den gesamten Aufschluss überqueren und in Richtung Nord-Osten verlaufen (Abb. **117-118**). Die Spur des Hinterbeins und die des Vorderbeins liegen fast komplett übereinander, sodass die Fährten von einem zweibeinigen Tier zu stammen scheinen. Nur in einigen von ihnen ist die Spur der seitlichen Zehen erhalten. Dabei handelt es sich um diejenigen, die entstanden, wenn der Fuß stärker im feuchten Sand und im darunter liegenden Kies versunken war (Abb. **119**). Bei den echten Spuren unterscheidet man die Zehen, während man bei den *undertrack* nur den Abdruck der zentralen Zehe gut erkennen kann. *Hipparion* ist ein ausgestorbener Equide, der keine eineinhalb Meter erreichte und tridactlye Füße besaß, auch wenn die seitlichen Zehen, die mit kleinen Hufen versehen waren, klein waren. Das Pferdebein des Genus *Equus* hat dagegen nur eine Zehe. *Hipparion* hatte seinen Ursprung in Nordamerika und vor circa 12 Millionen Jahren wanderte es über die Beringstraße nach Euroasien, um nach einer halben Million Jahre Südeuropa und dann Afrika zu erreichen, wo es im gesamten Pliozän verblieb. Osoppo ist weltweit einer der wenigen Orte, wo Fährten von *Hipparion* erhalten sind, die sich zum Beispiel auch am bekannten Pliozän-Fundort Laetoli in Tansania befinden - zusammen mit den Fährten, die vom Hominiden *Australopithecus afarensis* stammen.

**120 >** Le presunte impronte di bovide del Colle di Osoppo. Sopra: l'orma della zampa posteriore meglio conservata. A destra: ricostruzione del probabile *trackmaker* (disegno di Lukas Panzarin).

munite di piccoli zoccoli, erano ridotte. La zampa del cavallo - genere *Equus* - ha, invece, un solo dito. *Hipparion* ebbe origine in America settentrionale e, circa 12 milioni di anni fa, migrò in Eurasia attraverso lo stretto di Bering per raggiungere dopo mezzo milione di anni l'Europa meridionale e poi l'Africa dove rimase per tutto il Pliocene. Osoppo è una delle poche località al mondo in cui sono conservate piste di *Hipparion* che si trovano, per esempio, anche nel noto sito pliocenico di Laetoli in Tanzania, insieme alle piste prodotte dall'ominide *Australopithecus afarensis*.

Un'altra pista è formata da una dozzina di orme più grandi di quelle di *Hipparion*, che sono state impresse da una zampa posteriore lunga da 15 a 20 centimetri e didattile, come testimonia la morfologia delle impronte meglio conservate costituita da due solchi allungati e paralleli (Figg. **118** e **120**). Anche in questo caso c'è sovrapposizione tra l'orma della zampa posteriore e quella della zampa anteriore con il risultato che la pista sembra essere stata lasciata da un animale bipede. Si tratta delle tracce di un ungulato artiodattilo, vale a dire con un numero pari di dita nelle zampe, come un bovide, un cervide, un camelide, un giraffide o un suide. Sulla base della datazione al Miocene terminale, Dalla Vecchia & Rustioni (1996) le hanno riferite ad un **bovide** di grosse dimensioni, come *Parabos*, affine alle antilopi. Se l'età fosse, invece pliocenica, potrebbe trattarsi di *Leptobos* (Fig. **120**) anch'esso affine alle antilopi. Tuttavia, in quest'ultimo caso pure un grande cervide - per esempio un membro degli Eucladoceri - potrebbe essere un candidato *trackmaker*.





**121 >** Le impronte di rinoceronte del Colle di Osoppo. Sopra: l'orma della zampa posteriore meglio conservata. Sotto: ricostruzione del probabile *trackmaker* (disegno di Lukas Panzarin).

La quinta pista è costituita da orme tridattili lunghe tra i 15 e i 30 centimetri, con tracce delle dita molto corte ed un'ampia impressione plantare (Figg. **119** e **121**). Pure in questo caso la pista sembra quella di un animale bipede e si osservano solo le tracce della zampa posteriore. La pista è riferibile ad un perissodattilo - vale a dire un ungulato con un numero pari di dita nelle zampe - con la zampa posteriore tridattile e, quindi, un tapiro o un rinoceronte. Dato che i tapiri hanno ed avevano zampe meno massicce e dimensioni più ridotte, il probabile autore delle orme è un piccolo **rinoceronte** (Fig. **121**). Nel caso di una datazione al Miocene terminale potrebbe trattarsi di un *Aceratherium* o di un *Dicerorhinus* di ridotte dimensioni, ma non si può escludere che la pista sia stata prodotta da un

esemplare giovane di un rinoceronte di taglia maggiore.
Gli animali erano tutti diretti verso nord-est, direzione che coincide con l'orientazione dei canaletti. Per primi sembrano essere passati gli *Hipparion*, che hanno prodotto le orme più profonde anche se erano i *trackmakers* meno pesanti tra quelli rappresentati nel sito, mentre il rinoceronte è passato per ultimo. Infatti, la sua terza orma ha deformato la seconda orma nella pista del presunto bovide, che quindi doveva già essere già stata impressa.

Il Colle di Osoppo è una delle pochissime località con impronte di mammifero in Italia e pure la più importante insieme a quella di Roccamorfina (Caserta) che conserva le orme di una specie arcaica di *Homo* ed è molto più recente.

## CONCLUSIONI

Partendo dal niente, in 25 anni semplici appassionati e paleontologi professionisti hanno trovato e studiato tutto quello che è descritto in questo in questo libro. Aiutateci e scopriremo molto di più.

Eine weitere Fährte besteht aus etwa zwölf Spuren, die größer als die von *Hipparion* sind, die von einem Hinterfuß einer Länge von 15 bis 20 Zentimetern gebildet wurden, der zweizehig ist, wie die Morphologie der besser erhaltenen Abdrücke bezeugt, die aus zwei länglichen und parallelen Furchen bestehen (Abb. **118** und **120**). Auch in diesem Fall liegen die Spur des Hinterfußes und die des Vorderfußes fast komplett übereinander, sodass die Fährten von einem zweibeinigen Tier zu stammen scheinen. Es handelt sich um die Spuren eines Paarhufers, d. h. mit einer geraden Zahl von Zehen an den Füßen, wie bei einem Horn- oder Geweihträger, Kamel, Giraffenartigem oder bei einem Altweltlichen Schwein. Auf Basis der Datierung im Späten Miozän haben sie Dalla Vecchia & Rustioni (1996) auf einen **Hornträger** großer Abmessungen, wie *Parabos*, der mit den Antilopen verwandt ist, bezogen. Wenn das Alter dagegen pliozän wäre, so könnte es sich um einen *Leptobos* (Abb. **120**) handeln, der ebenfalls mit den Antilopen verwandt ist. Allerdings könnte in letzterem Fall auch ein großer Geweihträger, zum Beispiel ein Mitglied der Eucladoceros, zum möglichen *trackmaker* werden.
Die fünfte Fährte besteht aus tridactlyen Spuren, die zwischen 15 und 30 Zentimetern lang sind. Ihre Zehenspuren sind sehr kurz und es gibt einen weitläufigen Sohlenabdruck (Abb.. **119** und **121**). Auch in diesem Fall erscheint die Fährte als die eines zweibeinigen Tiers und man erkennt nur die Spuren des Hinterfußes. Die Fährte kann auf einen Unpaarhufer zurückgeführt werden, d. h. einem Huftier mit einer geraden Zahl von Zehen an den Füßen - wobei der Hinterfuß tridactyl ist und es sich folglich um einen Tapir oder ein Rhinozeros handelt. Angesichts der Tatsache, dass Tapire weniger massige Füße hatten und kleiner waren, ist der wahrscheinliche Fährtenerzeuger ein kleines **Rhinozeros** (Abb. **121**). Im Falle einer Datierung auf das späte Miozän könnte es sich um einen *Aceratherium* oder einen *Dicerorhinus* kleiner Abmessungen handeln. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Fährte von einem jungen Exemplar eines größeren Rhinozeros stammt.
Die Tiere waren alle nach NO unterwegs, der Richtung die mit der Ausrichtung der kleinen Kanäle übereinstimmt. Zunächst scheinen die *Hipparion* durchgezogen zu sein, die die tiefsten Spuren hinterlassen haben, auch wenn sie die weniger schweren *trackmakers* von allen am Fundort vertretenen Fährtenerzeugern waren, während das Rhinozeros zuletzt passiert ist. Denn die dritte Spur des Rhinozeros hat die zweite Spur der Fährte des mutmaßlichen Hornträgers deformiert, die folglich bereits eingedrückt sein musste.
Colle di Osoppo ist einer der wenigen Orte mit Säugetierabdrücken in Italien. Er ist auch zusammen mit der Fundstelle von Roccamorfina (Caserta) der Wichtigste. Letzterer konserviert die Spuren einer archaischen Spezies von *Homo*, die wesentlich jünger ist.

## RESÜMEE

Aus dem Nichts haben einfache Liebhaber der Materie und Berufspaläontologen in 25 Jahren all das gefunden und erforscht, was in diesem Buch beschrieben ist. Helfen Sie uns und wir werden noch viel mehr entdecken.

# BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA SULLE ORME FOSSILI FRIULANE


Avanzini M., Dalla Vecchia F.M., Mietto P., Piubelli D. & Roghi G., 2004 - Are the enigmatic traces from the Upper Triassic of NE Italy reptile's nests? *32nd Int. Geol. Congr.,* Florence, Italy. Abstract Volume, 1: 599-600.

Avanzini M., Dalla Vecchia F.M., Mietto P., Preto N., Rigo M. & Roghi G., 2007 - A vertebrate nesting site in northeastern Italy reveals unexpectedly complex behaviour for Late Carnian reptiles. *Palaios*, 22: 465-475.

Avanzini M., Petti F. M., Bernardi M. & Tomasoni R., 2010 - Crocodyle-like footprints from the Upper Triassic (Carnian) of the Italian southern Alps. In: Milàn J., Lucas S.G., Lockley M.G. & Spielmann J.A. (a cura), Crocodyle tracks and traces. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 51: 61-64, Albuquerque.

Bernardi M., Petti F.M. & Avanzini M., 2010 - A webbed archosaur footprint from the Upper Triassic (Carnian) of the Italian Southern Alps. In: Milàn J., Lucas S.G., Lockley M.G. & Spielmann J.A. (a cura), Crocodyle tracks and traces. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 51: 65-68, Albuquerque.

Dalla Vecchia F.M., 1996a - Segnalazione di probabili piste di fitosauro (Reptilia, Archosauria) nel Carnico superiore della Val Dogna (Udine). *Paleocronache*, 1: 46-49, Milano.

Dalla Vecchia F.M., 1996b - Archosaurian trackways in the Upper Carnian of Dogna valley (Udine, Friuli, NE Italy). *Natura Nascosta*, 12: 5-17, Monfalcone.

Dalla Vecchia F.M., 1998 - Triassic Park: impronte di dinosauri nelle Prealpi Carniche (Claut, Andreis, Cimolais, prov. Pordenone). *Natura Nascosta*, 16: 40-45, Monfalcone.

Dalla Vecchia F.M., 1999 - A sauropod footprint in a limestone block from the Lower Cretaceous di northeastern Italy. *Ichnos*, 6 (4): 269-275.

Dalla Vecchia F.M., 2000 - Le orme di rettili terrestri triassici nel Parco delle Dolomiti Friulane (Pordenone). *Paleoitalia - Newsletter della Società Paleontologica Italiana*, 1: 6-10, Modena.

Dalla Vecchia F.M., 2002 - Terrestrial reptiles in the Norian of the Carnian Pre-Alps (Friuli, NE Italy): paleoenvironmental implications. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 57 (2002): 101-106, Roma.

Dalla Vecchia F.M., 2006 - Le orme di mammiferi del Colle di Osoppo. In: Escursione in Friuli. 11 giugno. Stop 1. Osoppo, a cura di Dalla Vecchia F.M., Ghiozzi E., Monegato G., Poli M.E. & Zanferrari A. In: Melis R., Romano R. & Fonda G., Guida alle escursioni/excursions guide, Società Paleontologica Italiana - Giornate di Paleontologia 2006, pp. 73-84, *EUT Edizioni Università di Trieste*, Trieste (in italiano e inglese).

Dalla Vecchia F.M., 2006 - The tetrapod fossil record from the Norian-Rhaetian of Friuli (northeastern Italy). In: Harris J. et al. (a cura), The Triassic-Jurassic Terrestrial Transition. *New Mexico Museum di Natural History and Science Bulletin*, 37: 432-444, Albuquerque.

Dalla Vecchia F.M., 2007 - Anfibi e rettili: un lungo cammino evolutivo. In: Aa.Vv., Salvaguardia dell'Erpetofauna nel territorio di Alpe-Adria, *Reg. Aut. Friuli Venezia Giulia, Dir. Cent. Risorse Agricole, Naturali, Forestali e Montagna. Uff. Studi Faunistici*: 10-25 Trieste.

Dalla Vecchia F.M., 2008 - Vertebrati fossili del Friuli. 450 milioni di anni di evoluzione. *Museo Friulano di Storia Naturale*, pubbl. 50: 304 pp., 279 figg., Udine.


**122 >** Val Dogna: il sito di nidificazione.

Dalla Vecchia F.M. & Mietto P., 1997 - Le impronte di rettili terrestri nella Dolomia Principale (Triassico superiore) delle Prealpi Carniche (Pordenone, Friuli). *CNR "Gruppo Alpi", Riunione Scientifica dei ricercatori alpini e appenninici*, Udine, 6-7 giugno 1997, Riassunti: 15, Udine.

Dalla Vecchia F.M. & Mietto P., 1998 - Impronte di rettili terrestri nella Dolomia Principale (Triassico superiore) delle Prealpi Carniche (Pordenone, Friuli). *Atti Ticinesi di Scienze della Terra*, ser. spec. 7: 87-107, Pavia.

Dalla Vecchia F.M. & Rustioni M., 1996 - Mammalian trackways in the Conglomerato di Osoppo (Udine, NE Italy) and their contribution to its age determination. *Memorie di Scienze Geologiche*, 48: 221-232, Padova.

Dalla Vecchia F.M. & Venturini S., 1995 - A Theropod (Reptilia, Dinosauria) footprint on a block of Cretaceous limestone at the pier of Porto Corsini (Ravenna, Italy). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 101 (1): 93-98, Milano.

Dalla Vecchia F.M. & Venturini S., 1996 - Le possibili impronte di dinosauro del M. Bernadia e le potenzialità paleoicnologiche delle sezioni stratigrafiche. *Natura Nascosta*, 12: 34-44, Monfalcone.

Klein H. & Lucas S.G., 2013 - The Late Triassic tetrapod ichnotaxon *Apatopus lineatus* (Bock 1952) and its distribution. In: Tanner L. H., Spielmann J.A. & Lucas S.G. (a cura), The Triassic System. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 61: 313-324, Albuquerque.

Marzola M., 2012 - Studio di nuove orme di tetrapodi nella Dolomia Principale (Triassico Superiore) del Parco delle Dolomiti Friulane (Pordenone). Tesi di Laurea magistrale inedita, Università degli Studi di Ferrara: 57 pp.

Mietto P. & Muscio G., 1987 - *Prochirotherium permicum*, Leonardi, 1951 (Reptilia: ?Chirotheriidae) nelle Arenarie di Val Gardena della Carnia. *Gortania - Atti Museo Friulano di Storia Naturale*, 8: 81-94, Udine.

Mietto P., Muscio G. & Venturini C., 1986 - Impronte di tetrapodi nei terreni carboniferi delle Alpi Carniche. *Gortania - Atti Museo Friulano di Storia Naturale*, 7: 59-73, Udine.

Nicosia U., Avanzini M., Barbera C., Conti M.A., Dalla Vecchia F.M., Dal Sasso C., Gianolla P., Leonardi G., Loi M., Mariotti N., Mietto P., Morsilli M., Paganoni A., Petti F.M., Piubelli D., Raia P., Renesto S., Sacchi E., Santi G. & Signore M., 2005 - I vertebrati continentali del Paleozoico e Mesozoico. In: Bonfiglio L. (a cura), Paleontologia dei Vertebrati in Italia, *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, s. 2, Sez. Scienze della Terra, 6: 41-66, Verona.

Padian K., Li C. & Pchelnikova J., 2010 - The trackmaker of *Apatopus* (Late Triassic, North America) implications for the evolution of archosaur stance and gait. *Palaeontology*, 53: 175-189.

Roghi G. & Dalla Vecchia F.M., 1997 - The palinology and palaeoenvironment of the Upper Triassic dolomitic/marly sequence of Dogna valley (Udine, Friuli-Venezia Giulia, NE Italy) with reptile trackways. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 103 (2): 183-191, Milano.

Sirna G., Dalla Vecchia F.M., Muscio G. & Piccoli G., 1994 - Catalogue of Paleozoic and Mesozoic Vertebrates and Vertebrate localities of the Tre Venezie area (North Eastern Italy). *Memorie di Scienze Geologiche*, 46: 255-281, Padova.

Venturini S., 1995. Segnalazione di un livello marnoso a characee con presunte impronte di dinosauro nell'Aptiano del M. Bernadia (Nimis, Udine). *Natura Nascosta*, 11: 36, Monfalcone.

Venturini S. & Dalla Vecchia F.M., 1995 - L'impronta di dinosauro di Porto Corsini: storia di una scoperta. *Natura Nascosta*, 11: 22-28, Monfalcone.

## BIBLIOGRAFIA SULLE ORME FOSSILI DELLE AREE CONTERMINI

Avanzini M., 2000 - *Synaptichnium* tracks with skin impressions from the Anisian (Middle Triassic) of the Southern Alps (Val di Non - Italy). *Ichnos,* 7(4): 243-251.

Avanzini M., Dalla Vecchia F.M., De Zanche V., Giannolla P., Mietto P., Preto N. & Roghi G., 2000 - Aspetti stratigrafici relativi alla presenza di tetrapodi nelle piat-

taforme carbonatiche mesozoiche del Sudalpino. In Cherchi A. & Corradini C. (a cura di), Crisi biologiche, radiazioni adattative e dinamica delle piattaforme carbonatiche. Convegno finale del progetto nazionale di ricerca COFIN97, Modena, 13-14 giugno 2000, *Accademia Nazionale di Scienze Lettere ed Arti di Modena*, 21: 11-14, Modena.

Avanzini M. & Mietto P., 2008 - Lower and Middle Triassic footprint-based Biochronology in the Italian Southern Alps. *Oryctos*, 8: 3-13, Esperaza.

Avanzini M. & Renesto S., 2002 - A review of *Rhynchosauroides tyrolicus* Abel, l926 ichnospecies and some inferences on Middle Triassic (Anisian-Ladinian) *Rhynchosauroides* ichnogenus trackmaker. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia,* 108 (l): 5 1-66, Milano.

Bachofen-Echt A., 1925a - *Iguanodon* Fährten auf Brioni. *Paläontologische Zeitschrift*, 7: 172-173.

Bachofen-Echt A., 1925b - Die Entedeckung von Iguanodon-fährten im Neokom der Insel Brioni. *Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften Wien, mathematisch- naturwissenschaftliche Klasse*, 62: 39-41, Vienna.

Brandner R., 1973 - Tetrapodenfahrten aus der unteren Mitteltrias der Sudalpen. *Festschr. Heissel, Veroff Univ. Innsbruck,* 86: 57-71, Innsbruck.

Dalla Vecchia F.M., 1994a - I dinosauri dell'Istria. In Ligabue G. (a cura di), Il tempo dei Dinosauri, *Quaderni de "Le Scienze"*, 76: 82-86, Milano.

Dalla Vecchia F.M., 1994b - Jurassic e Cretaceous Sauropod evidence in the Mesozoic carbonate platforms of Southern Alps and Dinarids. In Lockley M.G., Faria dos Santos V., Meyer C.A. & Hunt A. (a cura di), Aspects di Sauropod Paleobiology, *Gaia*, 10 (1994): 65-73, Lisbona.

Dalla Vecchia F.M., 1995 - Dinosauri in Italia: stato delle conoscenze. *Natura Nascosta*, 11: 29-35, Monfalcone.

Dalla Vecchia F.M., 1996 - Dinosaur tracksites in the Cretaceous of Istria (Croatia). *Journ. Vert. Paleont.*, Abstract of papers, 56th Annual Meeting Society of Vertebrate Paleontology, American Museum of Natural History, New York City, 30A, Lawrence.

Dalla Vecchia F.M., 1996 - Dinosaur tracks in the Cretaceous of Istria (Croatia). *The Dinosaur Report*, Summer 1996: 7-8, East Islip.

Dalla Vecchia F.M., 1996 - Lo studio del sito cretacico con impronte di dinosauro di Cervera/Červar (Punta del Dente, Istria). *Natura Nascosta*, 13: 24-33, Monfalcone.

Dalla Vecchia F.M., 1997 - Dinosauri cretacei nella piattaforma carbonatica Adriatico-Dinarica. *Natura Nascosta*, 15: 22-28, Monfalcone.

Dalla Vecchia F.M., 1997 - Terrestrial tetrapod evidence on the Norian (Late Triassic) and Cretaceous carbonate platforms of Northern Adriatic region (Italy, Slovenia and Croatia). Proceedings of the Int. Symp. "Mesozoic Vertebrate Faunas of Central Europe", *Sargetia, ser. Sci. Nat*., XVII: 177-201, Deva.

Dalla Vecchia F.M., 1997 - Dinosaurs in the Cretaceous Adriatic-Dinaric carbonate platform. *Geoitalia, I Forum Italiano di Scienze della Terra*, Rimini, 5-9 ottobre, Riassunti, 2: 60-62.

Dalla Vecchia F.M., 1998 - Theropod footprints in the Cretaceous Adriatic-Dinaric carbonate platform (Italy and Croatia). In Perez-Moreno B., Holtz T., Sanz J. L. & Moratalla J.J., (a cura di), Aspects of Theropod Paleobiology, *Gaia*, 15: 355-367, Lisbona.

Dalla Vecchia F.M., 2000 - The dinosaur evidence from the northern Adriatic region (NE Italy, W Slovenia and NW Croatia). *Europal - Newsletter of The European Paleontological Association*, 15 (April 2000): 30-32, Friburgo.

Dalla Vecchia F.M., 2000 - Dinosauri del Cretaceo Istriano. In Tunis G., Venturini S., Matičec D. & Dalla Vecchia F.M., Stop 4: Porto Colonne/Kolone. Escursione B3 "Le piattaforme carbonatiche giurassiche e cretaciche", responsabile G. Tunis. In Carulli G.B. (a cura di), Guida alle escursioni, 80° Riunione Estiva S.G.I., Trieste 6-8 settembre 2000, *Università degli Studi di Trieste*: 260-261, Trieste.

Dalla Vecchia F.M., 2000 - I dinosauri della regione adriatica. *Le Scienze*, 387: 78-86, Milano.

DALLA VECCHIA F.M., 2001 - Atlas of the ichnofossils exposed in the late Cenomanian (Cretaceous) track site of San Lorenzo di Daila/Lovrečica (Istria, Croatia). *Natura Nascosta*, 23: 24-35, Monfalcone.

DALLA VECCHIA F.M., 2001 - Terrestrial ecosystems on the Mesozoic peri-adriatic carbonate platforms: the vertebrate evidence. Proceedings VII International Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, Buenos Aires, September 26th-October 1st 1999, *Asociación Paleontológica Argentina, Publ. Esp.*, 7: 77-83, Buenos Aires.

DALLA VECCHIA F.M., 2002 - Cretaceous dinosaurs in the Adriatic-Dinaric carbonate platform (Italy and Croatia): paleoenvironmental implications and paleogeographical hypotheses. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 57 (2002): 89-100, Roma.

DALLA VECCHIA F.M., 2003 - Dinosaurs in the stream: footprints from a lost island. *Natura Nascosta*, 23: 14-23, Monfalcone.

DALLA VECCHIA F.M., 2003 - I dinosauri nani dell'Arcipelago europeo. *Le Scienze*, 423: 86-94, Roma.

DALLA VECCHIA F.M., 2003 - Observations on the presence of plant-eating dinosaurs in an oceanic carbonate platform. *Natura Nascosta*, 27: 14-27, Monfalcone.

DALLA VECCHIA F.M., 2005 - The impact of palaeoichnology in the palaeogeographic-palaeoenvironmental reconstructions: the case of the Periadriatic carbonate platforms. International Symposium on dinosaurs and other vertebrates palaeoichnology, Fumanya-St. Corneli (Cercs, Barcelona), Catalunya. *Programme, lectures and abstracts*: 25-26, Barcellona.

DALLA VECCHIA F.M., 2005 - Between Gondwana and Laurasia: Cretaceous Sauropods in an Intraoceanic Carbonate Platform. In TIDWELL V. & CARPENTER K. (a cura), Thunder-Lizards - The Sauropodomorph Dinosaurs, pp. 395-429, *Indiana University Press*, Bloomington & Indianapolis.

DALLA VECCHIA F.M., 2008 - The impact of dinosaur palaeoichnology in palaeoenvironmental and palaeogeographic reconstructions: the case of the Periadriatic carbonate platforms. *Oryctos*, 8: 89-106, Esperaza.

DALLA VECCHIA F.M. & TARLAO A., 1995 - Dinosaur evidence in the Cretaceous of Istria (Croatia). *Proceedings of the 1st Croatian Geological Congress*, 1:151-154, Zagabria.

DALLA VECCHIA F.M. & TARLAO A., 2000 - New dinosaur track sites in the Albian (Early Cretaceous) of the Istrian peninsula (Croatia). Part II - Paleontology. In DALLA VECCHIA F.M., TARLAO A., TUNIS G. & VENTURINI S., New dinosaur track sites in the Albian (Early Cretaceous) of the Istrian peninsula (Croatia), *Memorie di Scienze Geologiche*, 52 (2): 227-293, 1 mappa, Padova.

DALLA VECCHIA F.M. & TARLAO A., 2001 - Atlas of the ichnofossils of the late Albian (Cretaceous) site of Solaris campground (Istria, Croatia). Part I. Tridactyl footprints. *Natura Nascosta*, 23: 14-23, Monfalcone.

DALLA VECCHIA F.M., TARLAO A. & TUNIS G., 1993 - Theropod (Reptilia, Dinosauria) footprints in the Albian (Lower Cretaceous) of the Quieto/Mirna river mouth (NW Istria, Croatia) and dinosaur population of the Istrian Region during le Cretaceous. *Memorie di Scienze Geologiche*, 45: 139-148, Padova.

DALLA VECCHIA F.M., TUNIS G., VENTURINI S. & TARLAO A., 2001 - Dinosaur track sites in the upper Cenomanian (Late Cretaceous) of the Istrian peninsula (Croatia). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 40 (1): 25-54, Modena.

DALLA VECCHIA F.M., SPARICA M., TARLAO A., TUNIS G. & VENTURINI S., 1996 - Cretaceous emersions and dinosaur evidence in the periadriatic carbonate platforms (Italy and Croatia). *30th International Geological Congress*, 4-14 agosto 1996, Abstracts Book, Pechino.

DALLA VECCHIA F.M., TARLAO A., TUNIS G., TENTOR M. & VENTURINI S., 2000 - First record of Hauterivian dinosaur footprints in southern Istria (Croatia). In VLAHOVIĆ I. & BIONDIĆ R. (a cura), *Proceedings of 2nd Croatian Geological Congress*: 143-149, Zagabria.

DALLA VECCHIA F.M., VLAHOVIĆ I., POSOCCO L., TARLAO A. & TENTOR M., 2002 - Late Barremian and Late Albian (Early Cretaceous) dinosaur track sites in the Main Brioni/Brijun Island (SW Istria, Croatia). *Natura Nascosta*, 25: 1-36, Monfalcone.

DINI M., TUNIS G. & VENTURINI S., 1998 - Continental, brackish and marine carbonates from the Lower Cretaceous of Kolone-Barbariga (Istria, Croatia): stratigraphy, sedi-

mentology and geochemistry. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140: 245-269.

D'Orazi Porchetti S., Nicosia U., Mietto P., Petti F.M. & Avanzini M., 2008 - *Atreipus*-like footprints and their co-occurrence with *Evazoum* from the upper Carnian (Tuvalian) of Trentino-Alto Adige. In Avanzini M. & Petti F.M. (a cura di), Italian Ichnology, *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica*, 83: 277-287, Trento.

Ferrari R., 1992 - Le orme di dinosauri a Veliki Brion (Brioni). *Alpi Giulie*, 86 (2): 129-134, Trieste.

Gogala M., 1975 - Sledi iz davnine na jugu Istre. *Proteus*, 37: 229-232, Lubiana.

Gogala M. & Pavlovec R., 1978 - Se enkrat o sledovih dinozavrov. *Proteus*, 40: 192-193, Lubiana.

Gogala M. & Pavlovec R., 1984 - Po stopinjah dinozavrov. *Zivljenje in tehnika*, 35: 24-31, Lubiana.

Krivić Veselić K., 1993 - Sledovi dinozavrov tudi v Sloveniji. *Proteus*, 56 (2): 75, Lubiana.

Kržič B., 2001 - The dinosaurs of the Adriatic region. *Dino Press*, 3: 74-80, Tokyo.

Kržič B., 2010 - Po stopinjah dinozavrov v Istri. *Źivljenje in tehnika*, marec 2010; 1-9.

Leonardi G., 1984 - Rettili mesozoici italiani. In Bonaparte J.F., Colbert E.H., Currie P.J., de Ricqlès A., Kielan-Jaworowska Z., Leonardi G., Morello N. & Taquet P. (a cura di), Sulle orme dei dinosauri. *Erizzo*: 195-203, Venezia.

Leonardi G., 2000 - I dinosauri d'Italia e delle aree adiacenti. In Leonardi G. & Mietto P. (a cura di), Dinosauri in Italia. Le orme giurassiche dei Lavini di Marco (Trentino) e gli altri resti fossili italiani. *Accademia Editoriale*: 275-295, Pisa/Roma.

Leonardi G. & Avanzini M., 1994 - Dinosauri in Italia. In Ligabue G. (a cura), Il tempo dei dinosauri, *Le Scienze Quaderni*, 76: 69-81.

Leonardi P., 1968 - Le Dolomiti. Geologia dei monti tra Isarco e Piave. *Manfrini*: 1019 pp., Rovereto.

Leghissa S. & Leonardi G., 1990 - Una pista di sauropode scoperta nei calcari cenomaniani dell'Istria. *Centro di Cultura Giuliano Dalmata*: 30 pp., Milano.

Lockley M. G & Meyer C. A., 1999 - Dinosaur tracks and other fossil footprints of Europe. *Columbia University Press*: 323 pp., New York.

Malez M., 1957 - Tragovi dinosaura na Brionima. *Priroda*, 44 (2): 51-52, Zagabria.

Mauko A. & Floriancić B., 2003. Dinosaur footprints in the Upper Turonian-Coniacian limestone in the Krnica Bay (NE Istria, Croatia). *Geologija*, 46 (1): 93-100, Lubiana.

Mezga A. & Bajraktarević Z., 1999 - Cenomanian dinosaur tracks on the islet of Fenoliga in southern Istria, Croatia. *Cretaceous Research*, 20: 735-746.

Mezga A. & Bajraktarević Z., 2004 - Cretaceous dinosaur and turtle tracks on the island of Veli Brijun, Istria, Croatia. *Geologia Carpathica*, 55 (5): 355-370, Bratislava.

Mezga A., Bajraktarević Z., Cvetko Tešović B. & Gušić I., 2003 - First record of the dinosaurs in the Late Jurassic sediments of Istria, Croatia. *Abstracts of the First Meeting of European Vertebrate Paleontologists 2003*: 30, Basilea.

Mezga A., Cvetko Tešović B. & Bajraktarević Z., 2007a - First record of dinosaurs in the Late Jurassic of the Adriatic-Dinaric Carbonate Platform (Croatia). *Palaios*, 22 (2): 188-199.

Mezga A., Cvetko Tešović B., Bajraktarević Z., Ćosović V. & Bucković D., 2007b - A new dinosaur tracksite in the Albian of Istria, Croatia. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 113 (1): 139-148, Milano.

Mezga A., Tunis G., Moro A., Tarlao A., Ćosović V. & Bucković D., 2006 - A new dinosaur tracksite in the Cenomanian of Istria, Croatia. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 112 (3): 435-445, Milano.

Mietto P., 1981 - Una grande impronta di Pareiasauro nel Permiano di Recoaro. *Rendiconti della Società Geologica Italiana*, 4: 363-364, Roma.

Mietto P., 1987 - *Parasynaptichnium gracilis* nov. ichnog., nov. sp. (Reptilia: Archosauria: Pseudosuchia) nell'Anisico inferiore di Recoaro (Prealpi vicentine - Italia). *Memorie di Scienze Geologiche,* 39: 37-47, Padova.

Mietto P., 1988 - Piste di dinosauri nella Dolomia Principale (Triassico superiore) del M. Pelmetto (Cadore). *Memorie della Società Geologica Italiana*, 30: 307-310, Roma.

MIETTO P., 1990 - Le piste di dinosauri sulle rocce triassiche del Pelmetto. *Ass. Cult. Amici del Museo Selva di Cadore*, pp. 1-11, Selva di Cadore.

MIETTO P., 1991 - Impronte di dinosauri nel Triassico superiore delle Dolomiti. In MUSCIO G. (a cura), *Dinosaurs - Il mondo dei dinosauri*: 83-87, Trento.

MIETTO P. & DALLA VECCHIA F.M., 2000 - L'icnosito del Monte Pelmetto (Triassico superiore, Cadore, Italia). *Riassunti delle comunicazioni orali e dei posters - 80° Riunione Estiva S.G.I.*, Trieste 6-8 settembre 2000: 329-330, Trieste.

MIETTO P., BELVEDERE M. & BARBUNI M., 2012 - Dinosauri nelle Dolomiti - Recenti scoperte di dinosauri nelle Dolomiti. *Fondazione Giovanni Angelini Centro Studi sulla Montagna*: 109 pp., Belluno.

MORO A., TUNIS G., MEZGA A.. TARLAO A. & ĆOSOVIĆ V., 2007 - Depositional environments of upper Cenomanian limestones with rudists and dinosaur footprints, Istria, Croatia. Cretaceous Rudists and Carbonate Platforms: Environmental Feedback, *SEPM Special Publication*, 87: 37-44.

PAUNOVIĆ M., 1983 - Prilog poznavanju rasprostranjenosti mezozojskih i kenozoijskih Amphibia i Reptilia u Jugoslaviji. *Geološki vjesnik*, 6: 79-89, Zagabria.

PAVLOVEC R. & GOGALA M., 1992 - Na novo odkrite dinozavrove stopinje na otocku Fenoliga. *Proteus*, 55: 110-112, Lubiana.

POLŠAK A., 1965 - Geologija južne Istre s osobitim obzirom na biostratigrafiju krednih naslaga. *Geološki vjesnik*, 18 (2): 415-510, Zagabria.

RAMOVS A., 1967 - Dinozavrovi sledovi tudi na Brionih. *Proteus*, 29 (6): 153-155, Lubiana.

TIŠLIAR J., VELIĆ I., RADOVČIĆ J. & CRNKOVIĆ B., 1983 - Upper Jurassic and Cretaceous peritidal, lagoonal, shallow marine and perireefal carbonate sediments of Istria. In BABIĆ L.J. & JELAŠKA V. (a cura), Contributions to Sedimentology of some carbonate and clastics units of the coastal Dinarides. *Excursion Guide-book, 4th IAS Regional Meeting, Split 1983*: 13-35.

TODESCO R. & AVANZINI M., 2008 - First record of the fish trace fossil *Undichna* from the Middle Triassic of Italy. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica,* 83: 253-257, Trento.

TODESCO R., WACHTLER M., DELLANTONIO E. & AVANZINI M., 2008 - First report on a new late Anisian (Illyrian) vertebrate tracksite from the Dolomites (Northern Italy). *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica,* 83: 247-252, Trento.

TUNIS G. & VENTURINI S., 2000 - New dinosaur track sites in the Albian (Early Cretaceous) of the Istrian peninsula (Croatia). Part I - Stratigraphy and Sedimentology. In DALLA VECCHIA F.M., TARLAO A., TUNIS G. & VENTURINI S., New dinosaur track sites in the Albian (Early Cretaceous) of the Istrian peninsula (Croatia), *Memorie di Scienze Geologiche*, 52 (2): 195-226, Padova

VELIĆ I. & TIŠLIAR J., 1987 - Biostratigraphic and sedimentologic characteristic of the Lower Cretaceous deposits of the Velj Brijuni Island and comparison with the corresponding deposits in SW Istria (Croatia, Yugoslavia). *Geološki vjesnik*, 40: 149-168, Zagabria.

## ALTRE FONTI BIBLIOGRAFICHE CITATE

ALEXANDER R. McN., 1976 - Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature*, 261: 129-30, Londra.

AVANZINI M., CEOLONI P., CONTI M.A., LEONARDI G., MANNI R., MARIOTTI N., MIETTO P., MURARO C., NICOSIA U., SACCHI E., SANTI G. & SPEZZAMONTE M., 2001 - Permian and Triassic tetrapod ichnofaunal units of Northern Italy: their potential contribution to continental biochronology. In CASSINIS G. (a cura di), Permian continental deposits of Europe and other areas. Regional reports and correlations. *Natura Bresciana, Annali Museo Civico di Scienze Naturali*, Monografia, 25: 89-107, Brescia.

BOSCAROLLI D., LAPROCINA M., TENTOR M. TUNIS G. & VENTURINI S., 1993 - Prima segnalazione di resti di dinosauro nei calcari hauteriviani di piattaforma dell'Istria meridionale (Croatia). *Natura Nascosta*, 7: 1-20, Monfalcone.

BOSELLINI A., 1967 - La tematica deposizionale della Dolomia Principale (Dolomiti e Prealpi Venete). *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 30: 245-266, Roma.

BOSELLINI A., 1989 - La storia geologica delle Dolomiti. *Edizioni Dolomiti*, pp. 149.

Bosellini A. & Hardie L.A., 1988 - Facies e cicli dolomitici della Dolomia Principale delle Alpi Venete. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 30: 245-266, Roma.

Carulli G. B., Cozzi A., Longo Salvador G., Pernancic E., Podda F. & Ponton M., 2000 - Geologia delle Prealpi Carniche. *Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale*, 44: 47 pp. + carta geologica alla scala 1:50.000, Udine.

Conti M.A., Leonardi G., Manni R. & Venturini C., 1990 - Stop 3b. Rio Cordin. In Venturini C. (a cura), Field workshop on Carboniferous to Permian sequence of the Pramollo-Nassfeld Basin (Carnic Alps). Guidebook. *Arti Grafiche Friulane*: 149 pp., Udine.

Conti M.A., Leonardi G., Mietto P. & Nicosia U., 2000 - Orme di tetrapodi non dinosauriani del Paleozoico e Mesozoico in Italia. In Leonardi G. & Mietto P. (a cura), Dinosauri in Italia, le orme giurassiche dei Lavini di Marco (Trentino) e gli altri resti fossili italiani. *Accademia Editoriale*: 297-320, Pisa-Roma.

Dalla Vecchia F.M., 1998 - Remains of Sauropoda (Reptilia, Saurischia) in the Lower Cretaceous Upper Hauterivian/Lower Barremian) limestones of SW Istria (Croatia). *Geologia Croatica*, 51 (2): 105-134, Zagreb.

Dalla Vecchia F.M., 2006 - Resti di *Tanystropheus*, saurotterigi e "rauisuchi" (Reptilia) nel Triassico medio della Val Aupa (Moggio Udinese, Udine). *Gortania - Atti MuseoFriulano di Storia Naturale*, 27: 25-48, Udine.

Dalla Vecchia F.M., 2012 - Il Friuli 215 milioni di anni fa - Gli straordinari fossili di Preone, finestra su di un mondo scomparso. *Comune di Preone*: pp. 224, Cormons.

Dawson J.W., 1893 - Some salient points in the Science of the Earth. *Drysdale*: 499 pp., Montreal.

De Zanche V., Gianolla P., Mietto., Siorpaes C. & Vail P.R., 1993 - Triassic sequence stratigraphy in the Dolomites (Italy). *Memorie di Scienze Geol*ogiche, 45: 1-27, Padova.

Ezquerra R., Costeur L., Pérez-Lorente F., 2010 - Los dinosaurios también nadaban. *Investigaciòn i Ciencia*, Dicembre:1-8, Madrid.

Fantoni R., Cattelani D., Merlini S., Rogledi S. & Venturini S., 2002 - La registrazione degli eventi deformativi cenozoici dell'avampaese Veneto-Friulano. *Memorie Società Geologica Italiana*, 57: 301-313, Roma.

Farabegoli E., Jadoul F. & Martines M., 1985 - Stratigrafia e paleogeografia anisiche delle Alpi Giulie Occidentali (Alpi Meridionali - Italia). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 91 (2): 147-196, Milano.

Gianolla P., Roghi G. & De Zanche V., 2003 - An upper Tuvalian platform-basin system in the Dolomia Principale (Hauptdolomit, Julian Alps): The start-up of the Dolomia Principale platform in the Julian Alps (Southern Alps, Italy). *Facies*, 49: 135-50.

Haubold H., 1971 - Handbuch der Paläoherpetologie. T.18. Ichnia Amphibiorum et Reptiliorum fossilium. *G. Fischer Verlag*: 124 pp., Stoccarda.

Klein H. & Haubold H., 2007 - Archosaur footprints potential for biochronology of Triassic continental sequences. *New Mexico Museum of Natural History & Science Bulletin*, 41: 120-130, Albuquerque.

Lee M.S.Y., 1997 - Pareiasaur phylogeny and the origin of turtles. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 120: 197-280.

Leonardi P., Conti M. A., Leonardi G., Mariotti N. & Nicosia U., 1975 - *Pachypes dolomiticus* n. gen. n. sp.; Pareiasaur footprint from the "Val Gardena Sandstone" (Middle Permian) in the Western Dolomites (N. Italy). *Atti Accademia Nazionale dei Lincei, Rendiconti Classe Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali*, 57 (3-4): 221-232, Roma.

Lockley M.G. & Hunt A., 1994 - Fossil footprints of the Dinosaur Ridge Area. *Friends of Dinosaur Ridge publication*: 1-53.

Lockley M.G., Meyer C.A., Hunt A. & Lucas S.G., 1994 - The distribution of sauropod tracks and trackmakers. In Lockley M.G., dos Santos V.F., Meyer C.A. & Hunt A. (a cura), Aspects of Sauropod Paleobiology, *Gaia*, 10: 233-248, Lisbona.

Mietto P., 1986 - Orme di tetrapodi nella Formazione di Werfen (Triassico inferiore) del Recoarese. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 92: 321-326, Milano.

Mojsisovics von Mojsvàr E., 1869 - Über die Gliederung der oberen Triasbildungen der östlichen Alpen. *Jarbuch K.K. Geologischen Reichsanstalt*, 19: 91-149, Vienna.

Monegato G., Zanferrari A. & Gliozzi E., 2006 - Stratigrafia, sedimentologia ed età dei depositi dei colli di Osoppo. In Escursione in Friuli. 11 giugno. Stop 1. Osoppo, a cura di Dalla Vecchia F.M., Ghiozzi E., Monegato G., Poli M.E. & Zanferrari A. In Melis R., Romano R. & Fonda G. (a cura di), Guida alle escursioni/excursions guide, Società Paleontologica Italiana - Giornate di Paleontologia 2006, *EUT Edizioni Università di Trieste*: 71-76, Trieste.

Nesbitt S.J., 2011 - The early evolution of archosaurs: relationships and the origin of major clades. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 352: 1-292, New York.

Nadon G.C., 1993 - The association of anastomosed fluvial deposits and dinosaur tracks, eggs and nests: implications for the interpretation of floodplain environments and a possible survival strategy for Ornithopods. *Palaios*, 8: 31-44.

Olsen P. E., Smith J. B. & McDonald N.G., 1998 - Type material of the type species of the classic theropod footprint genera *Eubrontes*, *Anchisauripus*, and *Grallator* (Early Jurassic, Hartford and Deerfield Basins, Connecticut and Massachusetts, USA). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18 (3): 586-601.

Pesquero M.D., Alberdi M.T. & Alcalà L., 2006 - New species of *Hipparion* from La Roma 2 (Late Vallesian; Teruel, Spain): a study of the morphological and biometric variability of *Hipparion primigenium*. *Journal of Paleontology*, 80 (2): 343-356.

Preto N., Roghi G. & Gianolla P., 2005 - Carnian stratigraphy of the Dogna area (Julian Alps, northern Italy): tessera of a complex palaeogeography. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 124: 269-279, Roma.

Thulborn R.A, 1989 - The gaits di dinosaurs. In Gillette D. D. & Lockley M.G. (eds.), Dinosaur Tracks and Traces, pp. 39-50, *Cambridge University Press*.

Thulborn R.A., 1990 - Dinosaur tracks. *Chapman & Hall*, 424 pp., Andover.

Valentini M., Conti M. A. & Nicosia U., 2008 - Linking tetrapod tracks to the biodynamics, paleobiogeography, and paleobiology of their trackmakers: *Pachypes dolomiticus* Leonardi et al., 1975, a case study. *Studi Trentini di Scienze Naturali*, *Acta Geologica*, 83: 237-246, Trento.

Venturini C., 2006 - Evoluzione geologica delle Alpi Carniche con carta geologica delle Alpi Carniche in scala 1:25.000. *Museo Friulano di Storia Naturale,* Pubbl. n. 48: 208 pp., Udine.

Venturini C., Spalletta C., Pondrelli M., Fontana C., Delzotto S., Vai G.B., Longo Salvador G. & Carulli G.B., 2009 - Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 031 Ampezzo. *Serv. Geol. Naz.*, 1-160, Roma.

Venturini S. & Tunis G., 1989 - Nuovi dati ed interpretazioni sulla tettonica del settore meridionale delle Prealpi Giulie e della regione al confine fra Italia e Iugoslavia. *Gortania, Atti Mus. Friul. St. Nat.*, 10 (1988): 5-34, Udine.

Venturini S. & Tunis G., 1998 - Il canyon campaniano-maastricthaino della Val Torre (Prealpi Giulie). *Atti Ticinesi di Scienze della Terra*, Ser. sp. 7: 7-16, Pavia.

Viaggi M. & Venturini S., 1996 - Dati biostratigrafici preliminari sui depositi salmastro-dulcicoli delle Prealpi Veneto-friulane (Italia nordorientale). *Natura Nascosta*, 12: 32-33, Monfalcone.

Finito di stampare nel mese di ottobre 2013
presso Lithostampa, Pasian di Prato (Udine)